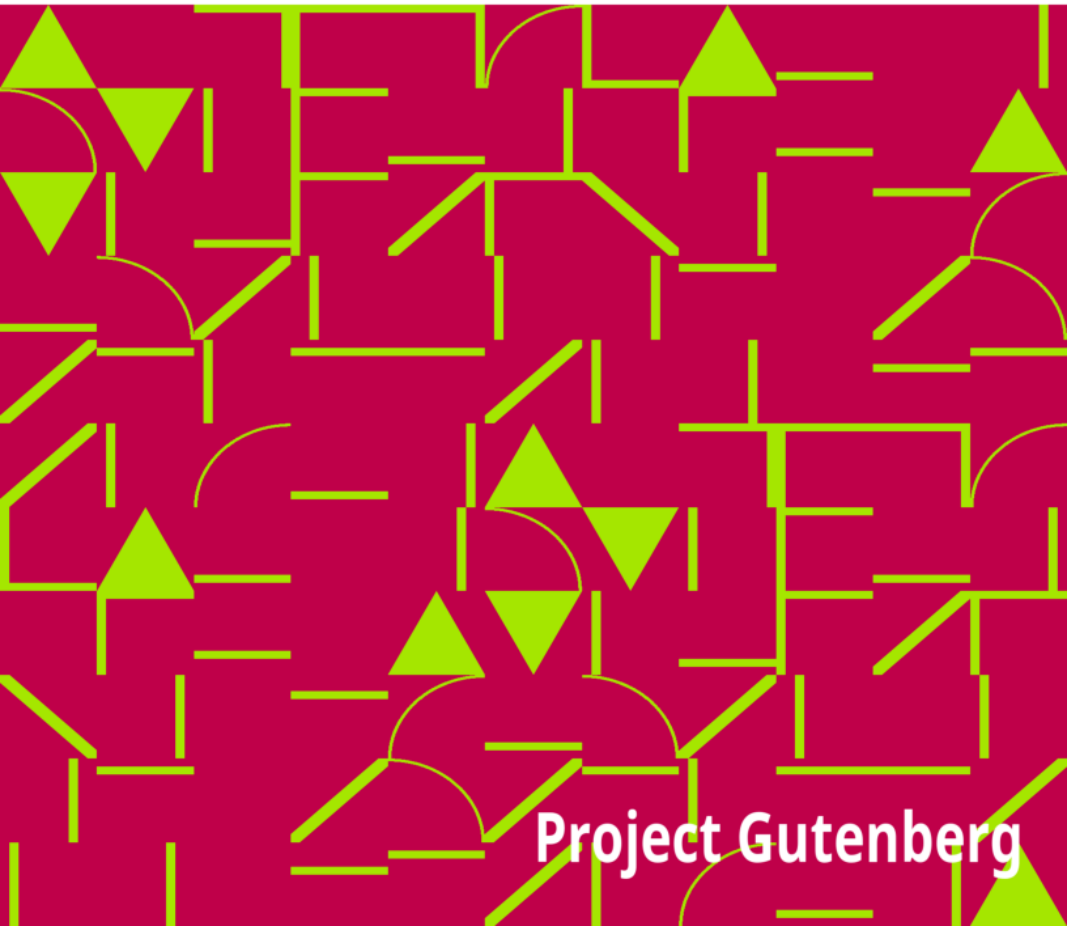


# A Popular History of Astronomy During the Nineteenth Century

Agnes M. Clerke



Project Gutenberg

# Популярная история астрономии девятнадцатого века. Четвертое издание

Агнес М. Клерк

## Электронная книга проекта Гутенберга по популярной истории астрономии девятнадцатого века

Эта электронная книга предназначена для использования любым человеком в любой точке Соединенных Штатов и большинства других частей мира бесплатно и практически без каких-либо ограничений. Вы можете скопировать его, раздать или повторно использовать в соответствии с условиями лицензии Project Gutenberg, прилагаемой к этой книге, или онлайн по адресу [www.gutenberg.org](http://www.gutenberg.org). Если вы находитесь за пределами Соединенных Штатов, вам необходимо ознакомиться с законами страны, в которой вы находитесь, прежде чем использовать эту электронную книгу.

**Название:** Популярная история астрономии Девятнадцатого века

**Автор:** Агнес М. Клерк

**Дата выхода:** 4 марта 2009 [Электронная книга №28247]

**Язык:** Английский

**Кредиты:** Электронный текст подготовлен Эриком Хаттоном и командой корректоров Project Gutenberg, распространяемой онлайн

\*\*\* НАЧАЛО ПРОЕКТА "ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА ГУТЕНБЕРГА:  
ПОПУЛЯРНАЯ ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ ДЕВЯТНАДЦАТОГО  
ВЕКА" \*\*\*

Электронный текст подготовлен Эриком Хаттоном и командой онлайн-корректоров Project Gutenberg (<http://www.pgdp.net>)

## ПРИМЕЧАНИЕ ПЕРЕПИСЧИКА

Типографские ошибки, замеченные при подготовке этого текста, были подчеркнуты вот так. В конце также был помещен список .

## ПОПУЛЯРНАЯ ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ ДЕВЯТНАДЦАТОГО ВЕКА

ТОГО ЖЕ АВТОРА

## ПРОБЛЕМЫ АСТРОФИЗИКИ.

Деми 8в., ткань. Содержит более 100 иллюстраций. Цена 20 долларов нетто.

## ЗВЕЗДНАЯ СИСТЕМА.

Второе издание. Тщательно переработанное и во многом переписанное. Содержит множество новых иллюстраций. Деми 8в., ткань. Цена 20с. нетто.

## СОВРЕМЕННЫЕ КОСМОГОНИИ.

Корона 8в., тканевая. Цена 3ш. 6д. нетто.

А. И К. БЛЭК, СОХО-СКВЕР, ЛОНДОН, W.



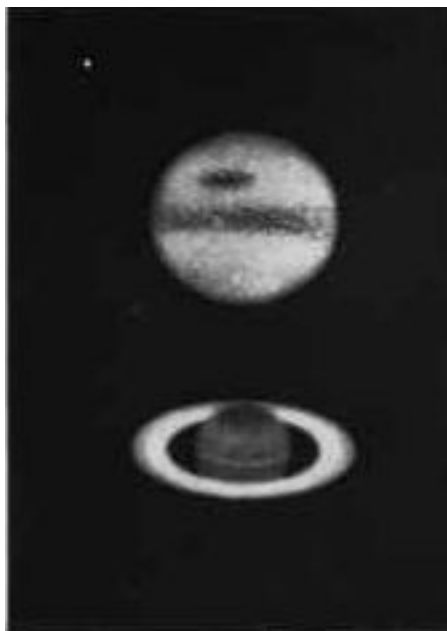
БОЛЬШАЯ ТУМАННОСТЬ ОРИОНА, 1883 г.

*См. стр. 408*

## ПОПУЛЯРНАЯ ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ В ДЕВЯТНАДЦАТОМ ВЕКЕ

*АВТОР АГНЕС М. КЛЕРК*

ЮПИТЕР 1879



САТУРН 1885

ЛОНДОН  
АДАМ И ЧАРЛЬЗ БЛЭК  
1908

*Первое издание, после 8 в., опубликовано в 1885 г.*

*Второе издание, после 8 в., опубликовано в 1887 г.*

*Третье издание, часть 8, опубликовано в 1893 г.*

*Четвертое издание, часть 8, опубликовано в 1902 году*

*Четвертое издание, пост 8, переиздано в феврале 1908 г.*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ЧЕТВЕРТОМУ ИЗДАНИЮ

Со времени выхода из печати третьего издания настоящего труда девятнадцатый век пошел своим чередом и завершил свою летопись. Наступила новая эра, и не только благодаря хронологическим предписаниям, но и благодаря жизненному чувству человечества. Изобилуют новые мысли; свежие импульсы будоражат нации; дуновение ветра прогресса доносится до каждого уха. "Старый порядок меняется" все быстрее и быстрее по мере активизации умственной деятельности. Многие научные

доктрины, неявно принятые пятнадцать лет назад, уже начинают приобретать вид устаревших. Атомы Дальтона находятся в процессе распада; Теорема Кирхгофа явно нуждается в модификации; Среда Клерка Максвелла больше не фигурирует в качестве обязательного факта; известно, что "абсолютный ноль" расположен на асимптоте кривой холода. Короче говоря, все идеи сразу стали пластичными, и ни одна из них не стала более совершенной, чем идеи, относящиеся к астрономии. Физика небесных тел, действительно, находит свои наилучшие возможности в неожиданных открытиях; ибо она имеет дело с трансцендентными условиями, и то, что является необычным для земного опыта, может замечательно служить для объяснения того, что является нормальным в небесах. Особенно в астрономической науке факты, которые кажутся подрывными, часто являются наиболее показательными, и перспектива ее продвижения расширяется и проясняется с каждым вынужденным или разрешенным отклонением от прямых путей жесткой теории.

Эта готовность к инновациям, несомненно, имеет свои опасности и недостатки. Прежде всего, для историка она представляет собой частые поводы для замешательства. Написание истории - это операция с сильным отбором, результат которой ценен лишь постольку, поскольку выбор того, что отвергнуть, а что включить, был разумным; и задача не из легких - провести различие между бесплодными спекуляциями и идеями, чреватых грядущей истиной. На обладании таким предвидением будущего, которое потребовалось бы для эффективного выполнения этой задачи, я не могу претендовать; но усердие и трезвость мышления обычно в пределах досягаемости, и я использую их с пользой, если мне удастся сделать четвертое издание *Популярной истории астрономии девятнадцатого века* не совсем недостойным места в научной литературе двадцатого века.

Я благодарю сэра Дэвида Гилла за использование его фотографии большой кометы 1901 года, которую я добавил к своему списку иллюстраций, и Совет Королевского астрономического общества за предоставленные стеклянные позитивы, необходимые для воспроизведения фотографий, включенных в третье издание.

Лондон, июль 1902 года.

## ПРЕДИСЛОВИЕ К ПЕРВОМУ ИЗДАНИЮ

Прогресс астрономии за последние сто лет был быстрым и экстраординарным. Более того, в своих отличительных чертах природа этого прогресса была такова, что с легкостью поддавалась нетехнической обработке. Этому обстоятельству обязан своим появлением настоящий том. Она воплощает в себе попытку дать возможность обычному читателю с разумным интересом следить за ходом современных астрономических исследований и осознать (насколько это в настоящее время возможно осознать) весь эффект всеобъемлющих изменений во всех аспектах, целях и методах астрономической науки, внесенных важным открытием спектрального анализа.

С тех пор, как была опубликована бесценная работа профессора Гранта по *истории физической астрономии*, прошла треть века. За это время рядом со старой выросла так называемая "новая астрономия". Одним из результатов его появления стало то, что наука о небесных телах стала более популярной, как по своим потребностям, так и по своей природе, чем раньше. Более популярен по своим потребностям, поскольку его прогресс теперь в первую очередь зависит от интереса широкой публики к нему и соответствующих усилий по его продвижению; более популярен по своей природе, поскольку тот вид знаний, который он сейчас в основном стремится накапливать, более понятен — менее удален от обычного опыта — чем тот, который был получен с помощью математических расчетов из материалов, собранных с помощью транзитного прибора и хронографа.

Таким образом, стало практически возможным описать простым языком наиболее существенные части недавних астрономических открытий, и, поскольку это практически осуществимо, это не могло быть иначе, как желательным. Служение астрономии как таковой было бы немаловажным для привлечения к ней более широких симпатий, в то время как помощь одному-единственному разуму в достижении более полного понимания многообразных трудов, которые во все века неотразимо говорили человеку о славе Божьей, вполне может быть предметом отнюдь не низменных амбиций.

Настоящий том не претендует на то, чтобы быть полной или исчерпывающей историей астрономии за охватываемый в нем период. Его цель - представить взгляд на прогресс астрономической науки со времен Гершеля с его наиболее характерной стороны. Сложные математические теории, за исключением некоторых их наиболее поразительных результатов, исключены из рассмотрения. В течение восемнадцатого века они

составляли сумму и содержание астрономии, и их фундаментальное значение никогда не может быть умалено и никогда не должно игнорироваться. Но в результате огромного развития возможностей телескопа в последнее время, наряду с быстрым прогрессом физической науки и включением посредством спектроскопа небесных тел в сферу ее исследований, было приобретено много знаний о природе и состоянии этих тел, что сформировало, можно сказать, отдельную науку, освобожденную от непосредственной зависимости от сложных и, кроме посвященных, непонятных формул. Этот вид знаний составляет основную тему книги, которая сейчас предлагается широкой публике.

Есть много причин предпочесть историю официальному трактату по астрономии. В трактате излагается *то*, что мы знаем. Кроме того, история рассказывает нам, *как* мы узнали об этом. Таким образом, она представляет нам факты в естественном порядке их установления и повествует, а не перечисляет. История, которую предстоит рассказать, оставляет чудеса воображения далеко позади и не требует приукрашивания литературным искусством или высокопарными фразами. Ее лучшим украшением является неприкрашенная правдивость, и можно с уверенностью утверждать, что именно этим она наделена на последующих страницах.

В них единство изложения сочетается с должным соблюдением хронологической последовательности путем группировки в отдельных главах различных событий, относящихся к нескольким разделам описательной астрономии. Целое разделено на две части, граница между которыми примерно проведена в середине нынешнего столетия. Исследования Гершеля о строении небес составляют лейтмотив первой части; открытия солнечных пятен и магнитной периодичности, а также спектральный анализ определяют характер второй. Однако там, где этого требовала природа предмета, такой порядок был проигнорирован. Ясность и последовательность, очевидно, должны иметь приоритет над методом. Таким образом, при рассмотрении телескопического наблюдения различных планет все связанные с этим факты были собраны в непрерывное повествование. Разделение, естественное и полезное в других местах, здесь было бы чисто искусственным и, следовательно, сбивающим с толку.

Полная и достоверная система ссылок на источники информации, на которые полагаются, учитывала интересы студентов. Материалы были взяты, как правило, за очень немногими



исключениями, из первоначальных источников. Принятая система заключалась в том, чтобы брать как можно меньше из вторых рук. Было приложено много усилий, чтобы проследить происхождение идей, часто неясно сформулированных задолго до того, как они получили огласку в научном мире, и воздать должное каждому отдельному первооткрывателю, строго и беспристрастно. Особое внимание также уделяется биографическому элементу, лежащему в основе и определяющему весь ход человеческих усилий. Продвижение знаний можно назвать жизненно важным процессом. Она поглощает и ассимилирует жизни людей. Вопросы о виде и способе самоотдачи в каждом отдельном случае всегда должны вызывать большой интерес, будь то для изучения или для примера.

Автор выражает признательность профессору Эдварду С. Холдену, директору обсерватории Уошберн, штат Висконсин, и доктору Коупленду, главному астроному обсерватории лорда Кроуфорда в Дунехте, за многие ценные сообщения.

Лондон, *сентябрь* 1885 года.

## Содержание

### *Введение*

Три вида астрономии—Прогресс науки в Восемнадцатом веке—  
Популярность и быстрый прогресс в девятнадцатом веке

## ЧАСТЬ I

### *ПРОГРЕСС АСТРОНОМИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ ДЕВЯТНАДЦАТОГО ВЕКА*

## ГЛАВА I

### ОСНОВЫ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

Состояние знаний о звездах в восемнадцатом веке—Карьера сэра Уильяма Гершеля—Строение звездной системы—Двойные звезды—Открытие Гершелем их вращения—Его метод измерения Звезд—Открытия туманностей—Теория их уплотнения в звезды—  
Краткое изложение результатов

## ГЛАВА II

### ПРОГРЕСС ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

Точная астрономия в Германии—Карьера Бесселя—Его *Основы астрономии*—Карьера Фраунгофера—Параллаксы неподвижных звезд—Перевод Солнечной системы—Астрономия невидимого—Исследования Струве двойных звезд—Исследование небес сэром Джоном Гершелем—Пятидесятилетний прогресс

### ГЛАВА III

#### ПРОГРЕСС ЗНАНИЙ О СОЛНЦЕ

Ранние взгляды на природу солнечных пятен—Наблюдения и рассуждения Вильсона—Теория строения Солнца сэра Уильяма Гершеля—Гипотеза пассата сэра Джона Гершеля—Бусины Бейли—Полное солнечное затмение 1842 года—Корона и протуберанцы—Затмение 1851 года

### ГЛАВА IV

#### ОТКРЫТИЯ ПЛАНЕТ

Закон Бодэ—Поиск пропавшей планеты—Ее открытие Пиацци—Дальнейшие открытия малых планет—Необъяснимое возмущение Урана—Открытие Нептуна—Его спутника—Восьмого Спутника Сатурна—Темное кольцо Сатурна—Система Урана

### ГЛАВА V

#### КОМЕТЫ

Предсказанное возвращение кометы Галлея—Карьера Ольберса—Ускорение кометы Энке—Комета Биелы—Ее дублирование—Комета Фэй—Комета 1811 года—Электрическая теория кометных излучений—Земля в хвосте кометы—Второе возвращение кометы Галлея—Великая комета 1843 года—Результаты для познания

### ГЛАВА VI

#### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Два принципа конструкции телескопа—Первые отражатели—Три разновидности—Зеркало Гершеля—Высокая увеличительная способность—Изобретение ахроматической линзы—Оптическое стекло Гинана—Большой отражатель Россэ—Его открытия—Установка телескопов—Астрономические круги—Личное уравнение

#### ЧАСТЬ II

# ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ АСТРОНОМИИ

## ГЛАВА I

### ОСНОВЫ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Открытие Швабе десятилетнего периода солнечных пятен—Совпадение с периодом магнитных возмущений—Солнечные пятна и погода—Анализ спектра—Предварительные запросы—Линии Фраунгофера—Принцип Кирхгофа—Прогнозы—Элементарные принципы спектрального анализа—Единство природы

## ГЛАВА II

### НАБЛЮДЕНИЯ И ТЕОРИИ СОЛНЦА

Черные отверстия в пятнах—Наблюдения Кэррингтона—Вращение Солнца—Теория строения Солнца Кирхгофа—Взгляды Фэй—Фотография Солнца—Наблюдения Кью—Спектроскопический метод—Циклоническая теория солнечных пятен—Вулканическая гипотеза—Вспышка на Солнце—Периодичность солнечных пятен—Влияние планет—Структура фотосферы

## ГЛАВА III

### НЕДАВНИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ

Экспедиции в Испанию—Великое индийское затмение—Новый метод наблюдения протуберанцев—Полное затмение, видимое в Северной Америке—Спектр короны—Затмение 1870 года—Обратный слой Юнга—Затмение 1871 года—Корона 1878 года—Различные типы корон—Египетское затмение—Фотография короны при дневном свете—Наблюдения на острове Каролина—Фотографии короны 1886 и 1889 годов—Затмения 1896, 1898, 1900 и 1901 годов—Механическая теория короны—Электромагнитные теории—Природа короны

## ГЛАВА IV

### СОЛНЕЧНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Химия протуберанцев—Изучение их форм—Два класса—Фотографии и спектрографии протуберанцев—Их распределение—Структура хромосферы—Спектроскопическое измерение радиальных перемещений—Спектроскопическое определение

вращения Солнца—Скорости переноса на Солнце—Теория диссоциации Локьера—Компоненты Солнца—Поглощение кислорода в спектре Солнца

## ГЛАВА V

### ТЕМПЕРАТУРА СОЛНЦА

Тепловая мощность Солнца—Излучение и температура—Оценки температуры Солнца—Результаты Розетти и Уилсона—Метод Зеллнера—Эксперимент Лэнгли в Питтсбурге—Атмосфера Солнца—Болометрические исследования Лэнгли—Избирательное поглощение нашим воздухом—Солнечная постоянная

## ГЛАВА VI

### РАССТОЯНИЕ ДО СОЛНЦА

Сложность проблемы—Противостояние Марса—Транзиты Венеры—Возмущение Луны—Скорость света—Транзит 1874 года—Неубедительный результат—Противостояние Марса в 1877 году—Измерения малых планет—Транзит 1882 года—Определение скорости света Ньюкомбом—Объединенный результат

## ГЛАВА VII

### ПЛАНЕТЫ И СПУТНИКИ

Жизнь и творчество Шретера—Светящиеся явления во время транзитов Меркурия—Горы Меркурия—Планеты внутри Меркурия—Результаты Скиапарелли для вращения Меркурия и Венеры—Иллюзорный спутник—Горы и атмосфера Венеры—Пепельный свет—Плотность Земли—Изменение широты—Вековые изменения климата—Очертания Земного шара—Исследование поверхности Луны—Атмосфера Луны—Новые кратеры—Тепловая энергия лунного света—Приливное трение

## ГЛАВА VIII

### ПЛАНЕТЫ И СПУТНИКИ—(продолжение)

Аналогия между Марсом и Землей—Марсианские снежные шапки, моря и континенты—Климат и атмосфера—Каналы Скиапарелли—Открытие двух марсианских спутников—Фотографическое обнаружение малых планет—Орбита Эроса—Распределение малых планет—Их Совокупная масса и расчетные диаметры—Состояние Юпитера—Его спектр—Транзиты его спутников—

Открытие Пятого спутника—Большое красное пятно—Строение колец Сатурна—Период вращения Планеты—Изменчивость Япета—Экваториальные метки на Уране—Его спектр—Вращение Нептуна—Транс- Планеты Нептуна

## ГЛАВА IX

### ТЕОРИИ ПЛАНЕТНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Происхождение мира согласно Канту—Небулярная гипотеза Лапласа—Сохранение солнечного тепла—Метеоритная гипотеза—Излучение как эффект сжатия—Регенеративная теория—Схема планетного развития Фэя—Происхождение Луны—Эффекты приливов

## ГЛАВА X

### НЕДАВНИЕ КОМЕТЫ

Комета Донати—Земля снова попала в хвост кометы—Кометы августовского и Ноябрьского метеорных потоков—Звездные дожди—Кометы и метеоры—Комета Биely и Андромеда—Комета Холмса—Отклонение Леонидов—Орбиты метеоритов—Метеоры со стационарными источниками излучения—Спектроскопический анализ кометного света—Комета 1901 года—Комета Когджи

## ГЛАВА XI

### НЕДАВНИЕ КОМЕТЫ — (продолжение)

Формы хвостов комет—Электрическое отталкивание—Три типа Бредихина—Великая Южная комета—Предполагаемые предыдущие появления—Комета Теббатта и комета 1807 года—Удачные фотографии—Комета Шеберле—Комета Уэллса—Натриевое свечение в спектре—Великая комета 1882 года—Прохождение через Солнце—Связь с кометами 1843 и 1880 годов—Кометные системы—Спектральные изменения кометы 1882 года—Комета Брукса 1889 года—Комета Свифта 1892 года—Происхождение комет

## ГЛАВА XII

### ЗВЕЗДЫ И ТУМАННОСТИ

Звездная химия—Четыре порядка звезд—Их относительный возраст—Газообразные звезды—Спектроскопические звездные каталоги—Звездная химия—Спектр водорода в звездах—Каталог Дрейпера—Скорости звезд в прямой видимости—

Спектроскопические двойные—Затмения Алгола—Каталоги переменных—Новые звезды—Вспышки в туманностях—Новая Аурига—Новая Персея—Газовые туманности—Переменные—Движения туманностей—Звездный

Персей—Газовые туманности—Переменные туманности—Движения туманностей—Фотография звезд и туманностей—Туманности в Плеядах—Фотографические звездные карты—Звездный параллакс—Двойные звезды—Звездная фотометрия—Состояние туманностей—Фотографии и рисунки Млечного Пути—Звездный дрейф

## ГЛАВА XIII

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Разработка телескопической системы—Отражатели из посеребренного стекла—Гигантские рефракторы—Сравнение с отражателями—Телескоп Йеркса—Атмосферные возмущения—Обсерватория Лик—Механические трудности—Экваториальный Куде—Фотокамера—Ретроспектива и выводы

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Хронология, 1774-1893—Химические элементы на Солнце (Роулэнд, 1891)—Эпохи максимума и минимума солнечных пятен с 1610 по 1901 год—Движения Солнца и звезд—Список крупнейших телескопов—Список обсерваторий, использовавшихся при составлении фотографической карты и каталога Небес

## Указатель

### СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

Фотография Большой туманности Ориона, 1883 г. *Фронтиспис*

Фотографии Юпитера, 1879 г., и Сатурна, 1885 г. *Виньетка*

, иллюстрация I. Фотографии Солнечной хромосферы и протуберанцев *К лицевой стороне стр. 198*

Иллюстрация II. Фотография Большой кометы в мае 1901 года (сделана в Королевской обсерватории на мысе Доброй Надежды)

Фото III. Большая сентябрьская комета (сфотографирована на мысе Доброй Надежды)

Фото IV. Фотографии кометы Свифта, 1892 г.

Фото V. Фотографический и визуальный спектр Новой Ауриги

Пластина VI. Фотография Млечного Пути в созвездии Стрельца

## ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ В ДЕВЯТНАДЦАТОМ ВЕКЕ

### *Введение*

Мы можем выделить три вида астрономии, каждый из которых имеет разное происхождение и историю, но все они взаимозависимы и составляют в своем фундаментальном единстве единую науку. Первым по порядку времени появилось искусство наблюдения за возвращением небесных тел и измерения их местоположения. Это была единственная астрономия китайцев и халдеев; но к ней энергичный греческий ум добавил чрезвычайно сложный геометрический план их движений, который Коперник заменил более гармоничной системой, пока еще не имея ни малейшего представления о непреодолимой причине. Планеты вращались по кругу, потому что такова была их природа, точно так же, как лауданум усыпляет, потому что обладает *спящей силой*. Эта первая и старейшая отрасль известна как "наблюдательная", или "практическая астрономия". Его задача состоит в том, чтобы отмечать факты настолько точно, насколько это возможно; и он, по сути, не заботится о схемах для соединения этих фактов способом, удовлетворяющим разум.

Второй вид астрономии был основан Ньютоном. Его природу лучше всего обозначить термином "гравитационная"; но его также называют "теоретической астрономией".<sup>[1]</sup> Он основан на идее причины; и вся его сложная структура построена в соответствии с требованиями единого закона, простого сам по себе, но запутанную паутину последствий которого можно распутать только с помощью тонкого механизма сложного математического

анализа.

Третий и последний раздел астрономии можно правильно назвать "физической и описательной астрономией". Он стремится узнать, что представляют собой небесные тела сами по себе, оставляя в стороне вопрос "Как?" и

почему? об их перемещениях требуется иной ответ. Теперь такие исследования стали возможны только благодаря изобретению телескопа, так что Галилей, по сути, был их создателем. Но Гершель первым придал им такое значение, которое весь научный прогресс девятнадцатого века подтвердил и сделал еще более исключительным. Исследования, начатые с помощью телескопа, были расширены и стали эффективными в неожиданных направлениях с помощью спектроскопа и фотографической камеры; и значительная часть нашего внимания в настоящем томе будет занята блестящими результатами, достигнутыми таким образом.

Неожиданное развитие этой новой физико-астрономической науки является ведущим фактом новейшей астрономической истории. Это выбивалось из обычного хода событий. В той степени, в какой это произошло на самом деле, это, конечно, нельзя было предвидеть. Это был захват приза участником, который вряд ли считался квалифицированным для участия в соревнованиях. Ортодоксальные астрономы старой школы с некоторым презрением смотрели на наблюдателей, которые проводили ночи, изучая лики Луны и планет, а не рассчитывая время их прохождения, или посвящали дневную энергию не сокращениям и вычислениям, а подсчету и измерению пятен на солнце. Они считались нерегулярными практикующими, которых, возможно, следовало терпеть, но уж точно не поощрять.

Развитие астрономии в восемнадцатом веке шло в целом ровным и логичным путем. Эпоха, следовавшая за Ньютоновской, поставила перед собой особую задачу продемонстрировать универсальную значимость закона всемирного тяготения и проследить сложные результаты его применения. Выполнение этой задачи заняло всего сто лет. Это было практически завершено, когда Лаплас объяснил Французской академии 19 ноября 1787 года причину ускоренного движения Луны. Как простая машина, солнечная система, насколько она была тогда известна, оказалась полной и понятной во всех своих частях; и в *"Небесной механике"* ее механические совершенства были представлены в форме величественного единства, которое



достойно ознаменовало последовательные триумфы аналитического гения над проблемами, входящими в число самых сложных, с которыми когда-либо сталкивался человеческий разум.

Теория, однако, требует практической проверки. Все ее данные получены из наблюдений; и их ненадежность становится менее терпимой по мере приближения к совершенству. Наблюдение, с другой стороны, является безжалостным критиком теории; оно выявляет слабые места и провоцирует реформы, которые могут стать началом открытий. Таким образом, теория и наблюдение взаимно действуют и реагируют, каждое поочередно берет на себя инициативу в бесконечной гонке совершенствования.

Теперь, в то время как во Франции Лагранж и Лаплас доводили гравитационную теорию Солнечной системы до завершения, в Англии велась работа совершенно иного рода, но не менее необходимая для будущего процветания астрономии. Королевская обсерватория в Гринвиче - одно из немногих полезных учреждений, которое берет свое начало со времен правления Карла II. Ведущее положение, которое она до сих пор занимает в науке о наблюдении за небесными телами, на протяжении почти полутора столетий после своего основания было исключительным. Делабр заметил, что, если бы все другие материалы подобного рода были уничтожены, одних гринвичских записей было бы достаточно для восстановления астрономии. У истеблишмента действительно не было конкурентов.<sup>[2]</sup> Систематические наблюдения солнца, луны, звезд и планет в течение всего восемнадцатого века проводились только в Гринвиче. Здесь были накоплены материалы для надежного исправления теории, и здесь были введены усовершенствования, с помощью которых в конечном итоге была достигнута исключительная точность современной практики в астрономии.

Главным инициатором этих усовершенствований был Джеймс Брэдли. Немногие люди обладали в равной степени с ним способностью точно видеть и рассуждать на основе того, что они видят. Он ничего не пропускал мимо ушей. Малейшее несоответствие между тем, что появлялось, и тем, чего следовало ожидать, привлекало его самое пристальное внимание; и он никогда не ослаблял своей ментальной хватки за предмет, пока тот не поддавался его настойчивому допросу. Именно этим качествам он был обязан своими открытиями аберрации света и нутации земной оси. О первом было объявлено в 1729 году. Под этим подразумевается, что из-за того обстоятельства, что свет передается не мгновенно, небесные тела кажутся сдвинутыми со

своих истинных мест на величину, зависящую от отношения скорости света к скорости Земли на ее орбите. Поскольку свет распространяется с огромной скоростью, смещение очень незначительно; и каждая звезда возвращается в свое исходное положение в конце года.

Второе великое открытие Брэдли было окончательно подтверждено в 1748 году. Нутация - это реальный "наклон" земной оси, вызванный перемещением Луны по экваториальному выступу земли. Из этого следует *видимое* смещение звезд, каждая из которых описывает небольшой эллипс относительно своего истинного или "среднего" положения за период почти в девятнадцать лет.

Итак, знакомство с фактом и законами каждой из этих мельчайших неправильностей жизненно важно для прогресса наблюдательной астрономии, ибо без этого расположение небесных тел никогда не могло бы быть точно известно или сравнено. Так что Брэдли, обнаружив их, сразу поднял науку на более высокий уровень точности. И это не было всей его работой. Назначенный королевским астрономом в 1742 году, он выполнил в 1750-62 годах серию наблюдений, которые положили начало точной астрономии. Отчасти их превосходство, действительно, следует отнести за счет сотрудничества Джона Берда, который в 1750 году снабдил Брэдли измерительным инструментом, до тех пор не имевшим себе равных. Ибо не только искусство наблюдения в восемнадцатом веке было сугубо английским искусством, но и средства наблюдения были предоставлены почти исключительно британскими художниками. Джон Доллонд, сын ткача из Спиталфилдса, изобрел ахроматическую линзу в 1758 году, устранив тем самым главное препятствие на пути развития возможностей телескопов-рефракторов; Джеймсу Шорту из Эдинбурга не было равных в изготовлении отражателей; сектора, квадранты и окружности Грэхема, Берда, Рамсдена и Кэри были неподражаемы благодаря континентальному мастерству.

Таким образом, практическая и теоретическая астрономия развивались параллельными путями в Англии и Франции соответственно, не отставая от совершенствования их нескольких инструментов — телескопа и квадранта, с одной стороны, и математических расчетов - с другой. Все будущее науки, казалось, было в их руках. Прекращение интереса из-за слишком быстрого достижения совершенства, к которому каждый подталкивал другого, казалось, было единственной опасностью, которую это подстерегало для них. И вдруг на их стороне появился соперник

— на самом деле, не угрожающий их прогрессу, но угрожающий поглотить их популярность.

Появление Гершеля было единственной заметной аномалией в истории астрономии восемнадцатого века. Оно оказалось решающим для хода событий девятнадцатого века. Это было необъяснимо ничем из того, что происходило раньше; однако все, что произошло после, зависело от этого. Это придало новое направление усилиям; это дало новый импульс мысли. Это открыло канал для широкого общественного интереса, который нарастал к астрономическим предметам.

Во многом этот интерес был вызван событиями, рассчитанными на то, чтобы привлечь внимание и возбудить удивление непосвященных. Предсказанное возвращение кометы Галлея в 1759 году беспрецедентным образом подтвердило расчеты астрономов. Она навсегда лишила такие тела их зловещего характера; она причислила их к обитателям солнечной системы. Опять же, транзиты Венеры в 1761 и 1769 годах были первыми событиями подобного рода с тех пор, как наука осознала их последствия. Внушительные приготовления, поездки в отдаленные и труднодоступные регионы, официальные экспедиции, международные сообщения - все это с целью наблюдения за ними с максимальной выгодой - ярко донесли их высокую значимость до общественного сознания; в результате, благодаря легкому перу Лаланда, стали понятны средства, с помощью которых эти сложные мероприятия должны были привести к точному знанию расстояния до солнца. Наконец, открытие Гершелем Урана 13 марта 1781 года произвело удивительный эффект абсолютной новизны. С тех пор как человечество познакомилось с обществом планет, их число не увеличивалось. Таким образом, это событие нарушило вековые традиции и, казалось, показало, что астрономия все еще молода и полна неожиданных возможностей.

Дальнейшая популярность науки возросла благодаря продолжению столь поразительно открывшейся карьеры. Огромные телескопы Гершеля, его обнаружение с их помощью двух спутников Сатурна и такого же количества спутников Урана, его пронзительное изучение солнца, живописная теория его строения и пронизательное указание маршрута, по которому оно движется в космосе; его открытие вращающихся звездных систем, его смелые исследования Вселенной, его грандиозные идеи и возвышенный, но простой язык, которым они были изложены, — все это составляло комбинацию, чрезвычайно эффективную для

тех, кто наименее восприимчив к новым впечатлениям. Вызванный энтузиазм не ограничивался и Британскими островами. В Германии Шретер последовал *залонго интервалло* по следу Гершеля. Фон Зак из Готы положил начало тому общему обмену идеями, который дает жизнь движению вперед. Боде много и хорошо написал для неподготовленных читателей. Лаланд своими популярными лекциями и трактатами помог сформировать аудиторию, к которой сам Лаплас не побрезговал обратиться в *Экспозиции системы мира*.

Этот значительный всплеск общественного интереса дал толчок необычайно быстрому прогрессу астрономии в девятнадцатом веке. Официального покровительства в сочетании с личным рвением было достаточно для старейших отраслей науки. Несколько хорошо обеспеченных институтов могли бы накопить материалы, необходимые нескольким изолированным мыслителям для построения теорий удивительной красоты и проработки, которые, однако, из-за своей абстрактной природы не могут снискать всеобщих аплодисментов. Но процветание новой физической астрономии зависит от благосклонности множества людей, которых ее поразительные результаты вполне способны привлечь. Это, в определенном смысле, наука для любителей. Он приветствует самое непритязательное сотрудничество. Нет никого, "обладающего верным зрением и верной рукой", кто не мог бы хорошо выполнять работу по наблюдению за небесами. И нередко награды за открытия, которых не смогли достичь самые совершенные приборы, выпадают на долю невежественных или плохо обеспеченных людей.

Соответственно, число наблюдателей увеличилось; во всех частях света были основаны обсерватории; были созданы ассоциации для взаимной помощи и консультирования. Официальный астрономический конгресс собрался в 1789 году в Готе — тогда при герцоге Эрнесте II. и Фон Заке, центре немецкой астрономии — и учредил совместный поиск планеты, предположительно вращающейся между орбитами Марса и Юпитера. Лондонское астрономическое общество было основано в 1820 году, а аналогичное немецкое учреждение - в 1863 году. Оба они оказали большое влияние на продвижение интересов, местных и общих, науки, которой они преданы, вперед; в то время как соответствующие им функции выполнялись в других местах более старыми или менее специально созданными организациями, и со всех сторон возникают новые, более популярного характера.

Современные средства коммуникации помогли еще глубже запечатлеть в современной астрономии ее ассоциативный характер. Электрический телеграф обеспечивает определенную вездесущность, которая бесценна для наблюдателя за небом. С помощью провода, батарейки и кода сигналов он видит все, что видно из любой точки нашего земного шара, полагаясь, однако, на другие глаза, кроме его собственных, и таким образом входя как единое целое в широко распространенную разведывательную организацию. Пресса, опять же, была мощным средством сотрудничества. Это в основном способствовало объединению астрономов всего мира в сообщество, движимое единой целью сбора "подробностей" в их специальной отрасли для того, что Бэкон называл Историей природы, которая в конечном итоге должна быть истолкована в соответствии с проницательностью кого-то из них, одаренного выше своих собратьев. Первым действительно эффективным астрономическим периодическим изданием был журнал *"Monatliche Correspondenz"*, основанный фон Заком в 1800 году. За ним в 1822 году последовал *"Научный журнал"*, позднее *"Мемуары и Ежемесячные заметки"* Астрономического общества, а также множество разнообразных публикаций, которые сейчас в каждой цивилизованной стране сообщают об открытиях, сделанных в астрономии, самым разным слоям читателей и тем самым неисчислимо ускоряют ее дальнейшее течение.

Общественная благосклонность приносит свои материальные ресурсы. Она представлена индивидуальной предприимчивостью и находит выражение в широкой щедрости. Первая регулярная обсерватория в Южном полушарии была основана в Параматте сэром Томасом Макдугаллом Брисбеном в 1821 году. Королевская обсерватория на мысе Доброй Надежды была завершена в 1829 году. Аналогичные учреждения были запущены Ост-Индской компанией в Мадрасе, Бомбее и на острове Святой Елены в первой трети девятнадцатого века. Организация астрономии в Соединенных Штатах Америки была вызвана сильной волной народного энтузиазма. В 1825 году Джон Куинси Адамс тщетно убеждал Конгресс основать Национальную обсерваторию; но в 1843 году лекции Ормсби Макнайта Митчелла о небесных явлениях взволновали впечатлительную аудиторию настолько, что предоставили ему средства для возведения в Цинциннати первого астрономического учреждения, достойного этого названия в этой великой стране. На 1 января 1882 года в пределах его границ действовало не менее ста сорока четырех.

Появление большой кометы 1843 года придало дополнительный

импульс этому движению. Вызванному этим ажиотажем Обсерватория Гарвардского колледжа — получившая название "Американская Пулково", напрямую обязана своим возникновением; и этот пример не был неэффективным в других местах. Военно-морская обсерватория Соединенных Штатов была построена в 1844 году, ее первым директором был лейтенант Мори. Корпорации, университеты, муниципалитеты соперничали друг с другом в создании таких учреждений; потоком шли частные подписки; в Европу были отправлены эмиссары для закупки инструментов и получения инструкций по их использованию. Через несколько лет молодая Республика достигла, с точки зрения астрономической эффективности, по крайней мере, уровня стран, где наука развивалась с самого зарождения цивилизации.

Значительное расширение сферы применения астрономии сопровождало и частично стало причиной значительного расширения области ее применения, свидетелем которого стал наш век. В прошлом столетии сфера его действия была сравнительно узкой. На проблемы, лежащие за пределами солнечной системы, почти не обращали внимания, поскольку они казались непостижимыми. Гершель впервые показал звездную вселенную доступной для исследования и тем самым предложил науке новые миры — величественные, многообразные, "бесконечно бесконечные", насколько мы понимаем, по количеству, разнообразию и протяженности — для будущего завоевания. Их постепенное присвоение поглотило и еще долго будет поглощать силы, развитию которых оно служило.

Но это не единственное направление, в котором астрономия расширила или, скорее, выровняла свои границы. Объединение физических наук, возможно, является величайшим интеллектуальным достижением последнего времени. Этот процесс включал в себя астрономию; так что, подобно Бэкону, теперь можно сказать, что она "взяла все знания" (такого рода) "в свою компетенцию". В свою очередь, она оказывает мощную помощь в его увеличении. Каждая приближающаяся к Солнцу комета является ареной экспериментов по электрическому освещению разреженной материи, проводимых в огромных масштабах для нашего блага. Солнце, звезды и туманности образуют множество небесных лабораторий, где природа и взаимные связи химических "элементов" могут быть исследованы с помощью более строгих тестов, чем позволяют подлунные условия. Законы земного магнетизма могут быть полностью исследованы только с помощью одновременного изучения поверхности Солнца. Возможно, однажды солнечный спектр

своими повторяющимися изменениями расскажет нам кое-что о надвигающихся засухах, голоде и циклонах.

Астрономия обобщает результаты других наук. Она демонстрирует законы природы, действующие на более широкой территории и в более разнообразных условиях, чем это представляет обычный опыт. Обычный опыт, с другой стороны, стал необходимым для ее прогресса. Она с одного взгляда воспринимает бесконечно великое и бесконечно малое. Она не допускает, чтобы взаимные обращения звездного множества в течение отрезков времени, которые, кажется, растягиваются до вечности, когда разум пытается пересечь их, были за пределами ее понимания; она также не безразлична к строению мельчайшего атома материи, который превращает эфир в свет. Как она получила это значительно увеличившееся наследство и как до сих пор она с ним справлялась, мы попытаемся изложить в следующих главах.

## СНОСКИ:

[1] Название "физическая астрономия", впервые использованное Кеплером и долгое время относившееся к этой отрасли науки, в последнее время стало применяться иначе.

[2] *История астрономии XVIII века*, стр. 267..

## ЧАСТЬ I

### ПРОГРЕСС АСТРОНОМИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ ДЕВЯТНАДЦАТОГО ВЕКА

# ГЛАВА I

## ОСНОВЫ ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

Еще почти сто лет назад астрономы-практики рассматривали звезды главным образом как ряд удобных неподвижных точек, по которым можно было определять и сравнивать движения различных элементов Солнечной системы. Фактически, их признанной функцией были вехи на великом небесном шоссе, по которому проходят планеты, а также назакоулках космоса, по которым время от времени пролетают кометы. Не то чтобы любопытство относительно их природы и даже догадки относительно их происхождения отсутствовали в какой-либо период. И то, и другое время от времени сильно стимулировалось появлением поразительных новшеств в регионе, который философы описывали как "неподкупный", или свободный от перемен. Каталог Гиппарха, вероятно, и, несомненно, каталог Тихо Браге, составленный семнадцатью столетиями позже, были обязаны своим происхождением временному появлению новой звезды. Таким образом, общий вид неба регистрировался (хотя и несовершенно) из века в век, и с помощью усовершенствованных приборов перечисление делалось все более точным и полным; но тайны звездной сферы оставались неприкосновенными.

В ограниченном, хотя и очень реальном смысле, сэра Уильяма Гершеля можно назвать основателем Звездной астрономии. До него были отмечены некоторые любопытные факты и выдвинуты некоторые остроумные предположения относительно состояния звезд, но не было приобретено даже зачатков систематических знаний. Установленные факты можно резюмировать в нескольких предложениях.

Джордано Бруно был первым, кто привел в движение солнца космоса, но только в воображении. Его смелое предположение, однако, подтвердилось в 1718 году, когда Галлей объявил<sup>[3]</sup>, что Сириус, Альдебаран, Бетельге и Арктур безошибочно сместились на небе с тех пор, как Птолемей распределил их места в своем каталоге. Аналогичный вывод был сделан Дж. Кассини в 1738 году на основе сравнения его собственных наблюдений с наблюдениями, сделанными в Кайенне Ричером в 1672 году; а Тобиас Майер составил в 1756 году список, показывающий направление и количество примерно пятидесяти семи собственных движений,<sup>[4]</sup> основанный на расположениях звезд, определенных Олаусом Ремером пятьюдесятью годами ранее.



Таким образом, звезды больше не считались "неподвижными", но оставался вопрос, были ли воспринимаемые движения реальными или только кажущимися; и ответить на этот вопрос пока не представлялось возможным. Уже в предыдущем столетии гениальный Роберт Гук предложил "изменение самой солнечной системы", [5] для объяснения некоторых предполагаемых изменений положения звезд; Брэдли в 1748 году и Ламберт в 1761 году указали, что такие очевидные смещения (к тому времени хорошо установленные), по всей вероятности, были совместным эффектом движений как солнца, так и звезд; и Майер действительно предпринял попытку анализа, но безрезультатно.

13 августа 1596 года Давид Фабрициус, непрофессиональный астроном из Восточной Фрисландии, увидел в шее Кита звезду третьей величины, которая к октябрю исчезла. Тем не менее, он был виден в 1603 году, когда Байер пометил его в своем каталоге греческой буквой [6] От имени Гевелия эта первая известная периодическая звезда получила название "Мира", или Чудесная, а Булло в 1667 году зафиксировал продолжительность цикла ее изменения в 334 дня. Это был не единичный случай. Джэнсон в 1600 году заметил, что звезда в созвездии Лебедя демонстрирует колебания света, а Монтанари обнаружил в 1669 году, что Алгол в созвездии Персея в значительной степени обладает той же особенностью. Всего в 1782 году этот класс насчитывал полдюжины членов. Когда добавляется, что несколько звездных пар были отмечены в необычном, но, как предполагалось, случайном, близком соседстве и что неудача неоднократных попыток измерить звездные параллаксы указала на расстояния, *по крайней мере, в 400 000 раз превышающие расстояние Земли от солнца*, [7] картина звездной науки, когда последний четверть восемнадцатого века началась, практически завершена. Он включал в себя три элемента информации: что звезды движутся, реальные или кажущиеся; что они неизмеримо удалены; и что некоторые из них светят периодически изменяющимся светом. Эти скудно собранные факты также не были упорядочены в какое-либо обещание дальнейшего развития. Они предстали перед исследователем одновременно изолированными и запутанными. Их нужно было как умножить, так и упорядочить, и казалось, что должны были пройти столетия терпеливого труда, прежде чем из них можно было сделать какие-либо надежные выводы. Звездный мир, таким образом, был признанной областью далеко идущих спекуляций, которые оставались совершенно свободными от систематических исследований, пока Гершель не начал свою карьеру наблюдателя небес.

Величайший из современных астрономов родился в Ганновере 15 ноября 1738 года. Он был четвертым ребенком Исаака Гершеля, хаутбойщика в оркестре Ганноверской гвардии, и с раннего возраста был приучен следовать профессии своего отца. Однако по окончании катастрофической кампании 1757 года родители уволили его из полка, есть основания полагать, несколько бесцеремонным образом. Технически, действительно, он понес наказание за дезертирство, освобожденное — согласно заявлению герцога Сассекского сэру Джорджу Эйри — официальным помилованием, врученным ему лично Георгом III. о его выступлении в 1782 году.<sup>[8]</sup> Затем, в возрасте девятнадцати лет, после четырех лет военной службы, он приехал в Англию искать счастья. О жизни, полной борьбы и лишений, которая последовала за этим, мало что известно, кроме того, что в 1760 году он занимался подготовкой полкового оркестра Даремского ополчения, а в 1765 году был назначен органистом в Галифаксе. В следующем году он переехал в Бат в качестве гобоиста в оркестре Линли, а в октябре 1767 года был повышен до должности органиста в Восьмиугольной капелле. Теперь на него нахлынула волна процветания. В то время в Бате можно было встретить самое блестящее и модное общество Англии, и молодой ганноверец быстро нашел себя любимцем и модой в нем. На него обрушивалось все больше забот. Он стал директором публичных концертов; дирижировал ораториями, нанимал певцов, организовывал репетиции, сочинял гимны, песнопения, хоровые службы, помимо этого проводил частные занятия, иногда доходившие до тридцати пяти или даже тридцати восьми уроков в неделю. Он фактически олицетворял музыкальную активность места, которое тогда было в высшей степени и энергетически музыкальным.

Но эти разнообразные занятия не занимали все его мысли целиком. Его образованием, несмотря на бедность его семьи, не пренебрегали, и он всегда жадно впитывал все знания, которые попадались ему на пути. Теперь, когда он был занятым и преуспевающим человеком, можно было ожидать, что он продолжит двигаться по намеченной для него глубокой профессиональной колее. Напротив, его страсть к учебе, казалось, возрастала по мере того, как сокращалось время, доступное для ее удовлетворения. Он изучал итальянский, греческий, математику; Флюксии Маклорена помогали "разгибать его разум"; Гармоника и оптика Смита и астрономия Фергюсона были ночными спутниками его постели. То, что он читал, стимулировало, но не удовлетворяло его интеллект. Он желал не только знать, но и открывать. В 1772 году он взял напрокат

небольшой телескоп и с его помощью получил предварительное представление о богатых и разнообразных областях, в которых ему предстояло работать в течение стольких лет. Отныне цель его жизни была неизменной: получить "знание о строении небес"; [9] и это возвышенное стремление он лелеял до конца.

Первым желанием было создать более мощный инструмент, и здесь ему на помощь пришел его механический гений. Купив аппарат у квакера-оптика, он приступил к изготовлению зеркал с усердием, которое, казалось, предвосхищало чудеса, которые они должны были ему открыть. Только пятнадцать лет спустя были изобретены его шлифовальные и полировальные станки, так что в то время работа должна была полностью выполняться вручную. Во время этого утомительного и кропотливого процесса (который нельзя было прервать без травм и который длился в одном случае шестнадцать часов) его силы поддерживались кусочками пищи, которые его сестра клала ему в рот, [10] и его разум развлекался, когда она читала ему вслух "Тысячу и одну ночь", "Дон Кихота" или другие легкие произведения. Наконец, после неоднократных неудач, он оказался снабжен телескопом — отражателем - григорианским телескопом 5-1 / 2 фута — его собственной конструкции. Копия его первого наблюдения с его помощью большой туманности в Орионе — объекта его постоянного изумления и усердных исследований - хранится в Королевском обществе. На нем стоит дата 4 марта 1774 года. [11]

В следующем году он выполнил свой первый "обзор небес", запомнившийся главным образом как свидетельство грандиозных и новых концепций, которые уже вдохновляли его, и энтузиазма, с которым он подчинился их руководству. Перегруженный профессиональными обязанностями, он все же ухитрялся улучшить несколько моментов для наблюдения за звездами; и в перерывах между действиями в театре часто видели, как он бежал от клавирина к своей подзорной трубе, без сомнения, с той "необычной стремительностью, которая сопровождала все его действия". [12] Теперь он быстро увеличивал мощность и совершенство своих телескопов. Последовательно создавались зеркала с фокусным расстоянием в семь, десять и даже двадцать футов и использовались беспрецедентные увеличительные устройства. Его энергия была неиссякаемой, а упорство неукротимым. За двадцать один год из его рук вышло не менее 430 параболических зеркал. Ему шел сорок второй год, когда он отправил свою первую статью в *Philosophical Transactions*; однако за последующие тридцать девять лет его вкладов — многие из них были сложными трактатами — насчитывалось шестьдесят

девять, что составило серию, имеющую чрезвычайное значение для истории астрономии. Как простой исследователь небес, он проделал колоссальную работу. Он обнаружил 2500 туманностей, 806 двойных звезд, четыре раза обошел весь небесный свод, пересчитал звезды в 3400 "калибровочных полях" и выполнил фотометрическую классификацию главных звезд, основанную на тщательном (и первом систематически проведенном) исследовании их относительной яркости. Он был столь же осторожен и терпелив, сколь и быстр; не жалел времени и не пренебрегал никакими предосторожностями, чтобы обеспечить точность своих наблюдений; и все же за одну ночь он мог исследовать по отдельности и внимательно до 400 отдельных объектов.

Открытие Урана было простым эпизодом схемы, которую он наметил для себя, — плодом, собранным как бы между прочим. Тем не менее, это стало поворотным моментом в его карьере. Из любующегося звездами музыканта он сразу превратился в выдающегося астронома; его освободили от рутинной работы и назначили королевским астрономом со скромным жалованьем в 200 фунтов стерлингов в год; были выделены средства на постройку сорокафутового отражателя, от огромной проникающей способности которого он ожидал неслыханных открытий; в общем, его будущая работа стала не только возможной, но и была отмечена как авторитетная.<sup>[13]</sup> В Троицкое воскресенье 1782 года Уильям и Кэролайн Гершель в последний раз играли и пели публично в часовне Святой Маргариты в Бате; в августе того же года семья была перевезена в Датчет, недалеко от Виндзора, а 3 апреля 1786 года - в Слау. Здесь счастье и почести обрушились на удачливого первооткрывателя. В 1788 году он женился на Мэри, единственной дочери Джеймса Болдуина, купца из Лондонского сити, и вдове мистера Джона Питта — леди, чьи домашние добродетели были усилены обладанием большим состоянием. Плодом их союза стал один сын, о работе которого — достойном продолжении работы его отца — нам еще предстоит поговорить. Гершель был произведен в рыцари Ганноверского гвельфийского ордена в 1816 году, а в 1821 году он стал первым президентом Королевского астрономического общества, а его сын стал его первым министром иностранных дел. Но его здоровье уже несколько лет было подорвано, и 25 августа 1822 года он умер в Слау на восемьдесят четвертом году жизни и был похоронен на кладбище Аптонской церкви.

Его эпитафия возносит ему высокую хвалу за то, что он "преодолеет барьеры небес". Давайте посмотрим, в каком смысле

это верно.

Первым, кто составил какое-либо определенное представление о строении звездной системы, был Томас Райт, сын плотника, жившего в Байерс-Грин, недалеко от Дарема. С ним возникло то, что было названо "Теорией точильного камня" Вселенной, которая рассматривала Млечный Путь как проекцию на сферу слоя или диска звезд (наше солнце занимает положение ближе к центру), сходного по величине и распределению со светлыми шарами созвездий.[14] За ним последовал Кант,[15] который превзошел взгляды своего предшественника, присвоив туманностям положение, которое они долгое время продолжали занимать, скорее на основе воображения. чем научные основания для "островных вселенных", внешних по отношению к Галактике и равноправных с ней. Иоганн Генрих Ламберт,[16] ученик портного из Мюльхаузена, последовал за ним, но независимо. Концепции этого замечательного человека были грандиозными, его интуиция смелой, его взгляды по некоторым вопросам представляли собой своеобразное предвосхищение последующих открытий. Звездный мир представлялся ему иерархией систем, начинающейся со схемы планет, восходящей к скоплениям солнц в кольце Млечного Пути — "эклиптике звезд", как он это сформулировал, — расширяющейся, чтобы включать группы многих Млечных Путей; они снова объединяются, образуя единицу более высокого порядка сборки, и так далее и выше, пока разум не пошатнется и не утонет перед необъятностью созерцаемых творений.

"Таким образом, все вращается — земля вокруг солнца; солнце вокруг центра своей системы; эта система вокруг центра, общего для нее с другими системами; эта группа, это собрание систем, вокруг центра, общего для нее с другими группами того же рода; и что же мы сделали?"[17]

Колоссальную проблему, к которой Гершель предпринял такую умозрительную попытку, взялся решать экспериментально. Результатом этого незабываемого исследования стало включение, впервые, в сферу человеческих знаний, связанного массива фактов и выводов из фактов, касающихся звездной вселенной; другими словами, фундамент того, что можно правильно назвать наукой о звездах.

Тобиас Майер проиллюстрировал эффекты перспективы, которые должны возникать в звездной сфере при отображении солнечной системы, сравнив их с разделением деревьев впереди и смыканием их сзади в лесу для глаза приближающегося

наблюдателя;[18] но явления, которые он таким образом правильно описал, он не смог обнаружить. Проведя более тщательный анализ меньшей совокупности собственных движений, Гершелю удалось сделать очевидными те самые последствия, которые предвидел Майер. Он показал, например, что Арктур и Вега на самом деле, по-видимому, удаляются друг от друга, а Сириус и Альдебаран приближаются друг к другу на очень малую величину; и, с поразительным усилием прорицательного гения, поместил "вершину", или точку направления движения солнца, близко к звезде  $\lambda$  в созвездии Геркулеса.[19] в пределах нескольких степени пятна были указаны более поздними и бесконечно более совершенными методами исследования. Он возобновил тему в 1805 году,[20] но, хотя использовал более строгий метод, вряд ли был так доволен своим результатом. В 1806 году,[21] он предпринял предварительную попытку установить скорость движения солнца, установив ее, несомненно, по слишком заниженной оценке, примерно в трех милях в секунду. И все же справедливость его общего вывода относительно направления движения Солнца, хотя и долго подвергалась сомнению, была триумфально подтверждена. Фактически был дан ответ на вопрос о "вековом параллаксе" неподвижных звезд.

С их *годовым* параллаксом, однако, дело обстояло совсем по-другому. Его поиски уже привели Брэдли к важным открытиям аберрации света и нутации земной оси; теперь они должны были привести Гершеля к открытию иного, но еще более возвышенного характера. Однако ни в том, ни в другом случае искомая цель не была достигнута.

С самого первого обнародования теории Коперника кажущаяся неподвижность звезд выдвигалась в качестве аргумента против ее истинности; ибо, если бы земля действительно двигалась по огромной орбите вокруг Солнца, объекты в окружающем пространстве, казалось бы, меняли свое положение, если только их расстояния не были в масштабах, которые для господствовавших тогда узких представлений о Вселенной казались совершенно экстравагантными.[22] Соответственно, существование таких очевидных или "параллактических" смещений рассматривалось как пробный камень новых взглядов, и их обнаружение стало предметом серьезного желания тех, кто заинтересован в их сохранении. Коперник сам предпринял попытку; но со своим "Triquetrum", шарнирной деревянной линейкой с отмеченными чернилами делениями, сконструированной им самим,[23] он едва ли мог измерять углы за десять минут, а тем более за доли секунды. Галилей, более

страстный защитник этой системы, в своей слепой и печальной старости как бы прислушивался к Арчетри, ожидая известий об открытии, которого предстояло ждать еще два столетия. Гук полагал, что нашел параллакс для яркой звезды в Голове Дракона, но был обманут. Брэдли убедил себя, что такие эффекты слишком малы, чтобы их можно было измерить его приборами. Гершель предпринял новую попытку, используя практически непроверенный метод.

Каждый день наблюдателю, находящемуся в движении, кажется, что два объекта, расположенных на разных расстояниях, движутся относительно друг друга. Этот принцип Галилей в третьем из своих диалогов о системах мира,<sup>[24]</sup> предложил использовать для определения звездного параллакса; поскольку две звезды, расположенные, по-видимому, близко друг к другу, но на самом деле разделенные огромной космической пропастью, должны менять свое взаимное положение при наблюдении из противоположных точек земной орбиты; или, скорее, более удаленная образует фактически неподвижную точку, к которой движение звездного параллакса не изменяется. на другого можно удобно сослаться. Таким образом, были устранены сложности, более многочисленные и запутанные, чем знал сам Галилей, и проблема была сведена к простому микрометрическому измерению. "Метод двойной звезды" был также предложен Джеймсом Грегори в 1675 году и снова Уоллисом в 1693 году;<sup>[25]</sup> Сначала Гюйгенс, а затем доктор Лонг из Кембриджа (около 1750 г.) провели с ним тщетные эксперименты; и в конечном итоге это привело в руках Бесселя к успешному определению параллакса 61 Лебеда.

Его преимущества не остались незамеченными для Гершеля. Его попытка определить определенные расстояния до ближайших звезд была не изолированным усилием, а частью согласованного плана, по которому проводились его наблюдения. Он предложил прощупать небеса, и первым необходимым условием было знание длины линии его зондирования. Так получилось, что его особое внимание с самого начала было направлено на двойные звезды.

"Я решил", - пишет он,<sup>[26]</sup> "изучить каждую звезду на небе с предельным вниманием и очень большими силами, чтобы я мог собрать такие материалы для этого исследования, которые позволили бы мне зафиксировать мои наблюдения на тех, которые наилучшим образом соответствовали бы моей цели. Предмет уже оказался настолько обширным и все еще обещает столь богатый урожай тем, кто склонен к усердию в изучении, что



я не могу не пригласить каждого любителя астрономии присоединиться ко мне в наблюдениях, которые неизбежно приведут к новым открытиям".

Первым результатом этих исследований стал классифицированный каталог из 269 двойных звезд, представленный Королевскому обществу в 1782 году, за которым через три года последовал дополнительный список из 434. В обеих этих коллекциях были тщательно измерены расстояния, разделяющие особей каждой пары, и (за несколькими исключениями) углы, образованные с часовым кругом линиями, соединяющими их центры (технически называемые "углами положения"), были определены с помощью "микрометра с вращающейся проволокой", специально разработанного для этой цели. Более того, важное новшество было внесено наблюдением различных цветов, видимых в звездных парах, необычные и яркие контрасты которых теперь были впервые описаны.

В то время двойные звезды считались чисто оптическим явлением. Считалось, что их компоненты, хотя на самом деле и бесконечно удалены друг от друга, были случайно соединены благодаря тому, что находились почти на одной линии обзора с земли. Однако Брэдли заметил изменение угла расположения двух звезд, образующих звезду Кастора, на  $30^\circ$  между 1718 и 1759 годами и, таким образом, был на волосок от открытия их физической связи.[27] В то время как преподобный Джон Мичелл, аргументируя доктриной вероятностей, писал следующее в 1767 году: "Весьма вероятно, в частности, и почти наверняка в целом, что такие двойные звезды, которые кажутся состоящими из двух или более звезд, расположенных очень близко друг к другу, на самом деле состоят из звезд, расположенных близко друг к другу, и находятся под влиянием некоторого общего закона".[28] И в 1784 году:[29] "Не исключено, что через несколько лет мы сможем узнать, что некоторые из огромного числа двойных, тройных звезд и т. Д. ., которые наблюдал мистер Гершель, представляют собой системы тел, вращающихся друг вокруг друга".

Это замечательное спекулятивное предвосхищение имело практический аналог в Германии. Отец Кристиан Майер, астроном-иезуит из Мангейма, в январе 1776 года занялся сбором примеров звездных пар и вскоре после этого опубликовал сообщение о предполагаемом открытии "спутников" у многих главных звезд.[30] Но его наблюдения не были ни точными, ни достаточно продолжительными, чтобы привести к полезным результатам в таком исследовании. Его разоблачения были



высмеяны; его планеты-звезды рассматривались как результат галлюцинации. *В n'a point cru по выбору экстраординарных австралийцев* написал Лаланд[31] в течение года после более обоснованного объявления с тем же результатом.

Сначала Гершель разделял общее мнение о чисто оптической связи двойных звезд. Цель, с которой он собирал свои коллекции, сама по себе является достаточным доказательством этого, поскольку то, что можно назвать дифференциальным методом параллакса, зависит, как мы видели, в своей эффективности от разницы расстояний. Было "слишком рано", - заявил он в 1782 году,[32] "формировать какие-либо теории о малых звездах, вращающихся вокруг больших"; в то время как в следующем году, [33] он заметил, что идентичные собственные движения двух звезд, образующих невооруженным глазом единую яркую сферу Кастора, могут быть объяснены только тем, что обе они в равной степени обусловлены "систематическим параллаксом", вызванным движением солнца в пространстве. Ясно показывая, что понятие физической связи, заставляющей два тела путешествовать вместе, еще не входило в его рассуждения. Но он был в высшей степени открыт для убеждения и, более того, путем наблюдений, не имеющих аналогов как по объему, так и по натуре, подготовил достаточный материал для убеждения себя и других. В 1802 году он смог объявить о факте своего открытия, а в течение двух последующих лет подробно представить Королевскому обществу доказательства, собранные в результате трудов четверти века, обращения по орбите целых пятидесяти двойных звезд, которые отныне, как он заявил, считаются реальными двойными комбинациями, "тесно связанными узами взаимного притяжения".[34] Удачное сохранение в записной книжке доктора Маскелайна замечания, сделанного Брэдли около 1759 года, о том, что линия, соединяющая компоненты Castor, была точным продолжением линии, соединяющей Castor с Pollux, добавило восемнадцать лет к тому времени, в течение которого пара находилась под пристальным вниманием, и подтвердило свидетельства изменений, представленные более поздними наблюдениями. Были установлены приблизительные периоды для многих вращающихся солнц — для Кастора 342 года; для  $\gamma$  Леонида 1200, для  $\delta$  Серпентиса 375, для  $\epsilon$  Бутиса 1681 год;  $\epsilon$  Лира была отмечена как "двойная-двойная звезда", изменение относительного положения было обнаружено в каждой из двух пар, составляющих группу; и было описано затенение одной звезды другой в ходе их взаимных оборотов, примером чего в 1795 году стала быстро вращающаяся система  $\zeta$  Геркулеса.

Таким образом, благодаря проницательности и настойчивости одного-единственного наблюдателя была наконец заложена прочная основа, на которой можно было воздвигнуть здание науки о звездах. Аналогия, которая, как долгое время предполагалось, существовала между могущественной звездой нашей системы и яркими точками света, усеивающими небосвод, оказалась не плодом воображения, а физической реальностью; было доказано, что фундаментальное качество силы притяжения присуще материи настолько, насколько телескоп был способен исследовать, а закон, подчиненность и регулярность свидетельствуют о высшем и разумном замысле в этих безграничных областях космоса в не меньшей степени, чем в нашем тесном земном доме. Открытие было подчеркнуто (по выражению Араго) "единым с будущим", поскольку оно привнесло элемент точного знания там, где более или менее вероятные догадки ранее имели почти безраздельное влияние; а точное знание имеет тенденцию распространяться само по себе и продвигаться от точки к точке.

Теперь мы должны поговорить о новаторской работе Гершеля в небе. Исследовать с помощью линий и отвесов сияющую зону Млечного Пути, очертить его форму, измерить размеры и разобраться в тонкостях его конструкции было главной задачей его жизни, которую он никогда не упускал из виду и которой были подчинены все остальные его исследования. Он был абсолютно одинок в этом смелом начинании. Без посторонней помощи ему пришлось разрабатывать методы, накапливать материалы и отсеивать результаты. И все же можно с уверенностью утверждать, что все знания, которыми мы обладаем по этому возвышенному предмету, были подготовлены и большей частью предвосхищены им.

Остроумный метод "измерения звезд" и его применение для определения звездной системы в виде нерегулярного слоя равномерно рассеянных солнц - наиболее известная часть его работы. Но, по правде говоря, это было лишь первое грубое приближение, принцип которого сохранял свое значение в астрономической литературе целых полвека после того, как от него отказался автор. Этим принципом было общее равенство распределения звезд. Если бы равные участки космоса действительно содержали равное количество звезд, очевидно, что количество звезд, видимых в любом конкретном направлении, было бы строго пропорционально дальности действия системы в этом направлении, а кажущееся накопление было бы вызвано реальной протяженностью. Соответственно, процесс "измерения

небес" состоял в подсчете звезд в последовательных полях телескопа и вычислении оттуда глубин космоса, необходимых для их размещения. Результатом 3400 таких операций стал план Галактики, знакомый каждому читателю учебника астрономии. Как и следовало ожидать, в результате изучения различных участков неба были получены самые разные данные. Некоторые поля зрения были почти пустыми, в то время как другие (в Млечном Пути или вблизи него) сияли сиянием многих сотен звезд, сжатых на площади примерно в четверть площади полной луны. В наиболее многолюдных местах было заявлено, что в течение четверти часа было рассмотрено 116 000 заявлений. Здесь "длина его зондирующей линии" была оценена Гершелем примерно в 497 раз больше расстояния от Сириуса — другими словами, ограничивающий шар, или самое удаленное солнце системы в этом направлении, насколько можно было видеть с помощью 20-футового отражателя, был, таким образом, невообразимо удален. Но поскольку расстояние до Сириуса, не меньшее, чем до любой другой неподвижной звезды, было пока неизвестной величиной, предполагаемые размеры Галактики были, конечно, чисто относительными; знание ее формы и структуры могло быть получено (допуская истинность фундаментальной гипотезы), но ее реальный или абсолютный размер оставался совершенно неопределенным.

Однако еще в 1785 году Гершель заметил следы тенденции, которая полностью опровергала предположение о каком-либо приближении к средней однородности распределения. Это было действием того, что он назвал "силой скопления" в Млечном Пути. "Множество собирающихся скоплений"[35] уже были различимы для него, даже когда он пытался получить "истинный *средний* результат", исходя из предположения, что каждая звезда в космосе отделена от своих соседей так же далеко, как солнце от Сириуса. "Похоже, - писал он в 1789 году, - что небеса состоят из областей, где солнца собраны в отдельные системы"; и в определенных скоплениях он смог проследить "направление или прилив звезд, движущихся к центру", что, без сомнения, указывает на присутствие сил притяжения.[36] Тринадцать лет спустя он описал наше солнце и его спутников-созвездий как окруженное "великолепной коллекцией бесчисленных звезд, называемых Млечным Путем, которые должны обеспечивать очень мощный баланс противоположных притяжений, чтобы удерживать промежуточные звезды в состоянии покоя. Ибо, хотя о нашем солнце и всех звездах, которые мы видим, действительно можно сказать, что они находятся в плоскости Млечного Пути, все же теперь, после долгого осмотра, я убежден, что сам Млечный Путь

состоит из звезд, рассеянных совсем не так, как те, что находятся непосредственно вокруг нас ". "Это огромное скопление, - добавил он, - ни в коем случае не однородно. Составляющие его звезды демонстрируют явные признаки объединения во множество отдельных участков".[37]

Следующие предложения, написанные в 1811 году, содержат определенное опровержение точки зрения, часто приписываемой ему:—

"Я должен откровенно признаться, - говорит он, - что, продолжая мои исследования небес, мое мнение о расположении звезд и их величине, а также о некоторых других деталях постепенно изменилось; и действительно, учитывая новизну предмета, мы не можем удивляться тому, что многие вещи, ранее принимавшиеся как должное, при рассмотрении оказываются отличными от того, какими они обычно, но неосторожно предполагались. Например, при определенных расчетах может быть допущено равное рассеяние звезд; но когда мы исследуем Млечный Путь или тесно сжатые скопления звезд, от которых в моих каталогах зафиксировано так много примеров, от этого предполагаемого равенства рассеяния приходится отказаться".[38]

Другое предположение, ошибочность которого он не имел возможности установить с тех пор, как оно стало доступным, сохранялось им до конца его жизни. Дело было в том, что яркость звезды давала приблизительное представление о расстоянии до нее. На этом принципе он основал в 1817 году свой метод "ограничения апертуры", [39] с помощью которого две звезды, видимые в два совершенно одинаковых телескопа, были "выровнены" путем покрытия определенной части объектива стеклом, собирающим более яркие лучи. Затем расстояния сравниваемых сфер были взяты в соотношении уменьшенных к исходным апертурам инструментов, с помощью которых они исследовались. Если бы действительно абсолютный блеск каждого из них был одинаковым, результат можно было бы принять с уверенностью; но поскольку у нас нет оснований предполагать "стандартную звезду" для облегчения наших вычислений, но много оснований предполагать неопределенный диапазон не только размеров, но и внутренней яркости солнц нашего небесного свода, выводы, сделанные на основе такого сравнения, совершенно бесполезны.

В другой области науки о звездах, помимо изучения скоплений звезд, Гершеля по праву можно назвать пионером. Он был

первым, кто серьезно изучил загадочные объекты, известные как "туманности". История знакомства нашей расы с ними сравнительно коротка. Единственной, признанной до изобретения телескопа, была звезда в поясе Андромеды, несомненно, знакомая в середине десятого века персидскому астроному Абдуррахману Аль-Суфи; и отмеченная точками на испанских и голландских картах созвездий четырнадцатого и пятнадцатого веков.[40] Однако на него обратили так мало внимания, что практически можно сказать — что касается Европы — что он был обнаружен в 1612 году Симоном Мариусом (Майером из Генценхаузена), который метко описал его внешний вид как "свечу, сияющую сквозь горн". Первое упоминание о большой туманности Ориона принадлежит швейцарскому иезуиту по имени Цизатус, который сменил отца Шайнера на кафедре математики в Ингольштадте. Он использовал его, по-видимому, не подозревая о его новизне, как термин для сравнения с кометой декабря 1618 года.[41] Тем не менее, для астрономов это все еще оставалось новинкой в 1656 году, когда Гюйгенс заметил, "так сказать, разрыв в небе, позволяющий мельком увидеть более светлую область за его пределами".[42] Галлей в 1716 году знал о шести туманностях, которые, по его мнению, состояли из "прозрачной среды", рассеянной в космическом эфире.[43] Однако, похоже, что он не был знаком с некоторыми ранее замеченными Гевелием. Лакай привез с собой с Мыса список из сорока двух объектов - первых результатов наблюдений в Южном небе, — распределенных по трем равным по численности классам;[44] и Мессье (прозванный Людовиком XV. "хорек из комет"), сочтя такие объекты источником крайних затруднений в погоне за выбранной им игрой, попытался систематизировать их и составил каталог, включающий в 1781 году 103 записи.[45]

Эти предварительные попытки сошли на нет, когда Гершель начал "обшаривать небеса" своими гигантскими телескопами. В 1786 году он представил Королевскому обществу описательный каталог из 1000 туманностей и скоплений, за которым, три года спустя, последовал второй из такого же количества других; к которому он добавил в 1802 году еще 500. В отношении их природы его взгляды претерпели заметные изменения. Обнаружив, что его мощные инструменты превратили в звезды множество туманных пятен, в которых ранее не было заметно никаких признаков подобной структуры, он, естественно, пришел к выводу, что "разрешимость" была просто вопросом расстояния и мощности телескопа. Его (как он сам сказал) вели почти незаметные ступени от очевидных скоплений, таких как Плеяды, к пятнам без следа звездообразования, причем градации были

настолько хорошо связаны, что не оставляли сомнений в том, что все эти явления были одинаково звездными. Необычайное разнообразие их внешности было им так описано:

"Я видел, - говорит он, - двойные и тройные туманности различного расположения; большие с маленькими, кажущимися сопровождающими; узкие, но сильно вытянутые прозрачные туманности или яркие штрихи; некоторые в форме веера, напоминающего электрическую щетку, исходящие из светлой точки; другие кометной формы, с кажущимся ядром в центре, или похожие на облачные звезды, окруженные туманной атмосферой; другой вид, опять же, содержит туманность молочного цвета, подобную тому удивительному, необъяснимому феномену около Ориона ; в то время как другие сияют более слабым, пятнистым светом, что указывает на то, что их можно разделить на звезды ".  
[46]

"Эти любопытные объекты" он считал "не чем иным, как целыми звездными системами", [47] некоторые из которых могли бы "значительно превзойти наш Млечный Путь по величию". Однако он признал большое разнообразие как по состоянию, так и по компасу. Систему, к которой принадлежит наше солнце, он описал как "очень обширное разветвленное скопление из многих миллионов звезд, которое, вероятно, обязано своим происхождением многим удивительно крупным, а также довольно близко разбросанным маленьким звездам, которые, возможно, объединили остальные". [48] Но продолжающееся действие той же самой "кластеризующей силы", как он предположил, в конечном итоге привело бы к распаду первоначальной Галактики маджестик на две или три сотни отдельных групп, которые уже заметно собираются. Такие мелкие туманности, возникшие в результате "распада" других "ветвящихся туманностей", подобных нашей, он узнал по множеству, лежащих, так сказать, слоями в определенных частях неба. "Один из этих туманных слоев, - сообщает он нам, - настолько насыщен, что, проходя через его участок всего за тридцать шесть минут, я обнаружил не менее тридцати одной туманности, все отчетливо видимые на прекрасном голубом небе". Слой Комы Береники, по его мнению, был ближайшим к нашей системе из таких слоев; от его внимания не ускользнуло и заметное скопление туманностей по направлению к обоим полюсам круга Млечного Пути.

Продолжая тот же процесс рассуждений, он получил возможность (как он думал) проследить историю жизни туманностей от примитивного рыхлого и протяженного образования, через

скопления постепенно увеличивающегося сжатия, вплоть до вида, названного им "Планетарным" из-за четких и однородных дисков, которые они представляют. Их он считал "очень старыми и приближающимися к периоду перемен или распада".[49]

"Этот метод наблюдения за небесами, - заключил он, - кажется, проливает на них новый свет. Теперь они кажутся похожими на пышный сад, который содержит величайшее разнообразие продуктов на разных цветущих грядках; и одно преимущество, которое мы можем, по крайней мере, извлечь из этого, состоит в том, что мы можем, так сказать, расширить диапазон нашего опыта на огромную продолжительность. Ибо, продолжая сравнение, которое я позаимствовал из растительного царства, разве это не почти одно и то же, живем ли мы последовательно, чтобы наблюдать за прорастанием, цветением, листвой, плодовитостью, увяданием и разложением растения, или же нашему взору сразу же предстает огромное количество образцов, отобранных со всех стадий, через которые растение проходит в течение своего существования?"[50]

Но уже эта предполагаемая преемственность была нарушена. После зрелых размышлений о явлениях, связанных с туманными звездами, в 1791 году Гершель был вынужден существенно изменить свое первоначальное мнение.

"Когда я проводил эти исследования, - говорит он, - я был в положении натурфилософа, который изучает различные виды животных и насекомых с высоты их совершенства вплоть до низших стадий жизни; когда, добравшись до растительного царства, он едва ли может указать нам точную границу, где кончается животное и начинается растение; и может даже зайти так далеко, что заподозрит, что они не отличаются по существу. Но, опомнившись, он сравнивает, например, представителя человеческого рода с деревом, и все сомнения на этот счет исчезают перед ним. Точно так же мы проходим через плавные ступени от грубого скопления звезд, такого как Плеяды ... пока мы не окажемся приведенными к такому объекту, как туманность Ориона, где мы все еще склонны придерживаться некогда принятого представления о звездах, чрезвычайно удаленных и непостижимо переполненных, как о причине этого замечательного явления. Поэтому, по-видимому, требуется более непохожий объект, чтобы снова привести нас в порядок. Взгляд, подобный взгляду натуралиста, который переводит свой взор с совершенного животного на совершенный овощ, стремится снять завесу с разума астронома. Объект, о котором я упомянул выше, -



это явление, которого не хватало для этой цели. Посмотрите, например, на 19-е скопление моего 6-го класса, а затем обратите свой взор на эту облачную звезду, и результат будет не менее решающим, чем результат натуралиста, на которого мы ссылались. Я осмелюсь сказать, что наше суждение будет заключаться в том, что *туманность вокруг звезды не имеет звездной природы*.[\[51\]](#)

Достигнутое таким образом убеждение в существовании в космосе широко рассеянной "сияющей жидкости" (убеждение, долгое время спустя полностью подтвержденное спектроскопом) привело его в область бесконечных спекуляций. Какова была его природа? Следует ли его "сравнивать с сиянием электрического флюида в северном сиянии? или с более великолепным конусом зодиакального света?" Прежде всего, какова была его функция в космосе? И по этому поводу он уже дал намек на направление, в котором двигались его мысли, заметив, что эта самосветящаяся материя, по-видимому, "больше подходит для образования звезды путем ее конденсации, чем для того, чтобы зависеть от звезды в ее существовании".[\[52\]](#)

Это не было новой идеей. Тихо Браге пытался объяснить вспышку звезды в 1572 году внезапной концентрацией of туманного вещества в Млечном Пути, даже указав на пространство, оставшееся темным и пустым из-за удаления светящегося вещества; и Кеплер, выдвинув теорию о подобном звездном явлении в 1604 году, последовал почти по тому же пути. Но при трактовке Гершеля туманное происхождение звезд впервые приобрело непротиворечивость формальной теории. Он долго и серьезно размышлял над этим и в двух подробных трактатах, опубликованных соответственно в 1811 и 1814 годах, подробно изложил аргументы в его пользу. Они полностью основывались на "принципе непрерывности". Между последовательными классами его ассортимента развивающих объектов, по его словам, "возможно, не было такой большой разницы, как было бы в ежегодном описании человеческой фигуры, если бы оно давалось от рождения ребенка до того, как он станет мужчиной в расцвете сил".[\[53\]](#) Из рассеянной туманности, едва видимой в самые мощные приборы для сбора света, но которая, по его оценкам, покрывает почти 152 квадратных градуса небес,[\[54\]](#) к планетарной в туманностях, которые, как предполагалось, уже были твердыми в центре, предполагались примеры каждой стадии конденсации. Однако достоверность его рассуждений, очевидно, была подорвана его признанной неспособностью отличить тусклые лучи удаленных скоплений от молочного света настоящих газовых



туманностей.

Можно сказать, что подобные спекуляции тщетны сами по себе и неизбежно не приносят результатов. Но они удовлетворяют врожденную тенденцию человеческого разума и, если их проводить в духе, подобающем случаю, не должны вызывать ни порицания, ни презрения. Теория Гершеля все еще остается актуальной, свидетельства недавних открытий в отношении нее убедительно подтверждают ее принцип, хотя и не детали. Как ни странно, это, по-видимому, было выдвинуто совершенно независимо от небулярной гипотезы Лапласа относительно происхождения солнечной системы. Действительно, он датировался, как мы видели, своим первым появлением в 1791 году, в то время как взгляды французского геометра были выдвинуты только в 1796 году.

Теперь мы можем кратко подвести итоги долгих лет "наблюдения за небесами" Гершеля. Видимые движения звезд были разделены; было ясно показано, что одна часть была вызвана смещением солнца и сопутствующих ему планет в сторону точки в созвездии Геркулеса; в то время как большой остаток смещения приходилось объяснять реальными движениями, различными по протяженности и направлению, самих звезд. Было замечено, что под действием центральной силы, подобной гравитации, если не идентичной ей, солнца любой степени размера и блеска, а иногда и ярко контрастирующие по цвету, удерживаются вместе в системах, состоящих из двух, трех, четырех и даже шести элементов, обращения которых демонстрируют широкий диапазон разнообразия как по периоду, так и по орбитальной форме. Таким образом, был создан новый отдел физической астрономии,<sup>[55]</sup> и строгие вычисления впервые стали возможными в астральной области. Было показано, что обширная проблема расположения и взаимосвязей миллионов звезд, образующих Млечный Путь, поддается экспериментальному изучению и, по крайней мере, частичному решению, несмотря на разнообразие и сложность, которые, как было замечено, преобладают в такой степени, о которой ранее и не мечтали, в устройстве этой величественной системы. Существование светящейся жидкости, рассеянной по огромным пространствам космоса и тесно связанной со звездными телами, было практически продемонстрировано, и была предпринята попытка определить ее место и использование в творении с помощью смелой, но правдоподобной гипотезы. Предполагалось или наблюдалось, что повсеместно происходят изменения колоссального масштаба. Периодически вспыхивали и снова гасли звезды; прогрессивные затухания или потоки света

были указаны как вероятные для многих звезд без формального подозрения в изменчивости; повсюду считалось, что действуют силы, под действием которых сама структура небес должна медленно, но фундаментально изменяться. Было видно, что во всех направлениях формируются группы; приливы и потоки солнц направляются к мощным центрам притяжения; новые системы находятся в процессе формирования, в то время как устаревшие системы спешат к распаду или возрождению, когда проходит курс, назначенный для них Бесконечной Мудростью. И таким образом, процитируем слова наблюдателя, который "заглянул в космос дальше, чем когда-либо человек до него", [56] состояние, в которое непрерывное действие силы кластеризации привело Млечный Путь в настоящее время, является своего рода хронометром, который может быть использован для измерения времени его прошлого и будущего существования; и хотя мы не знаем скорости его движения. исходя из этого таинственного хронометра, тем не менее, несомненно, что, поскольку распад частей Млечного Пути дает доказательство того, что он не может длиться вечно, он в равной степени свидетельствует о том, что его прошлая продолжительность не может быть признана бесконечной. [57]

## СНОСКИ:

[3] *Фил. Пер.*, том xxx., стр. 737.

[4] Было обнаружено, что из восьмидесяти сравниваемых звезд пятьдесят семь поменяли свои места более чем на 10". Меньшие расхождения в то время рассматривались как попадающие в пределы ошибки наблюдения. *Тоби Майери Соч. Inedita*, т. i., стр. 80, 81, и Гершель в *филос. Пер.*, т. lxxiii., стр. 275-278.

[5] *Посмертные произведения*, стр. 701.

[6] Араго в *Ежегоднике Бюро Долгот*, 1842, стр. 313.

[7] Брэдли - Халли, *Фил. Пер.*, том. xxxv. (1728), стр. 660. Его наблюдения были непосредственно применимы только к двум звездам,  $\gamma$  Дракона и  $\eta$  Большой Медведицы, но некоторые меньшие звезды были включены в тот же результат.

[8] Холден, *сэр Уильям Гершель, его жизнь и произведения*, стр. 17.

[9] *Фил. Пер.*, том ii, стр. 269.

[10] Каролина Лукреция Гершель, родилась в Ганновере 16 марта 1750 года, умерла там же 9 января 1848 года. Она приехала в Англию в 1772 году и была преданной помощницей своего брата сначала в его музыкальных начинаниях, а затем, до конца его жизни, в его астрономических трудах.

[11] Холден, указ. соч., стр. 39.

[12] Мемуары Кэролайн Гершель, стр. 37.

[13] См. книгу Холдена "Сэр Уильям Гершель", стр. 54.

[14] Оригинальная теория или новая гипотеза Вселенной, Лондон, 1750. Смотрите также краткое изложение взглядов Де Моргана в *Philosophical Magazine*, апрель 1848 г.

[15] *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, 1755.

[16] Краткий космологический обзор, Аугсбург, 1761.

[17] Система мира, стр. 125, Лондон, 1800 (перевод Краткого изложения космологии). Ламберт рассматривал туманности как состоящие из скоплений звезд, но не как внешние вселенные. В случае с туманностью Ориона он, действительно, выдвигает подобную гипотезу, но впоследствии предполагает, что она может служить центром одной из подчиненных систем, составляющих Млечный Путь, к которой принадлежит наше солнце.

[18] *Opera Inedita*, т. i., стр. 79.

[19] Фил. Пер., том. lxxiii. (1783), стр. 273. Аналогичное исследование Пьера Прево, переданное в Берлинскую академию наук четыре месяца спустя, 3 июля 1783 года, было включено в Мемуары этого органа за 1781 год, и, таким образом, кажется, что оно не имеет должного приоритета. Георг Симон Ключель из Галле примерно в то же время провел аналитическую демонстрацию результата Гершеля. Wolf, *Gesch. der Astronomie*, p. 733.

[20] Фил. Пер., т. xcvi., стр. 233.

[21] Там же., том. xcvi., стр. 205.

[22] "Ingens bolus devorandus est", - признался Кеплер Херварту в мае 1603 года.

[23] Описано в "Præfatio Editoris" к *De Revolutionibus*, стр. xix. (изд. 1854).

- [24] *Опера*, т. i., стр. 415.
- [25] *Фил. Пер.*, т. xvii., с. 848.
- [26] *Там же.*, том. lxxii., с. 97.
- [27] *Доберк, Обсерватория*, том ii., стр. 110.
- [28] *Фил. Пер.*, т. lvii., с. 249.
- [29] *Там же.*, т. lxxiv., с. 56.
- [30] *Beobachtungen von Fixsterntabanten*, 1778; and *De Novis in Cælo Sidereo Phænomenis*.
- [31] *Библиография*, стр. 569.
- [32] *Фил. Пер.*, т. lxxii., с. 162.
- [33] *Там же.*, том. lxxiii., стр. 272.
- [34] *Там же.*, том. xciii., стр. 340.
- [35] *Фил. Пер.*, т. lxxv., с. 255.
- [36] *Там же.*, том. lxxix., стр. 214, 222.
- [37] *Там же.*, том. xcii., стр. 479, 495.
- [38] *Фил. Пер.*, том ii, стр. 269.
- [39] *Там же.*, том. cvii., стр. 311.
- [40] Буллиальдус, *Звезда туманности в Поясе Андромеды* (1667); см. Также Г. П. Бонд, *Воспоминания. Ат. Ас.*, том iii., стр. 75, Монография Холдена о туманности Ориона, *Наблюдения в Вашингтоне*, том xxv. , 1878 (изд. в 1882), и рисунок леди Хагинс, *Атлас спектров*, стр. 119.
- [41] *Математическая астрономия*, стр. 75.
- [42] *Система Сатурния*, стр. 9.
- [43] *Фил. Пер.*, том xxix., стр. 390.
- [44] *Mét. Ac. des Sciences*, 1755.
- [45] *Продолжение. des Temps*, 1784 (pub. 1781), p. 227.  
Предыдущий список из сорока пяти был опубликован в *Журнале Академии наук*, 1771.

- [46] *Фил. Пер.*, т. lxxiv., с. 442.
- [47] *Там же.*, том. lxxix., с. 213.
- [48] *Там же.*, том. lxxv., с. 254.
- [49] *Там же.*, том. lxxix., с. 225.
- [50] *Фил. Пер.*, т. lxxix., с. 226.
- [51] *Там же.*, т. lxxxi., с. 72.
- [52] *Там же.*, стр. 85.
- [53] *Фил. Пер.*, том ii, стр. 271.
- [54] *Там же.*, стр. 277.
- [55] Дж. Гершель, *Фил. Пер.*, том. cxvi., часть iii., стр. 1.
- [56] Его собственные слова поэту Кэмпбеллу, процитированные Холденом, *Жизнь и произведения*, стр. 109.
- [57] *Фил. Пер.*, том гражданский, стр. 283.

## ГЛАВА II

### ПРОГРЕСС ЗВЕЗДНОЙ АСТРОНОМИИ

Теперь мы должны рассмотреть труды совершенно иного характера, чем труды сэра Уильяма Гершеля. Исследования и первооткрывательства не составляют всего дела астрономии; напротив, можно сказать, что менее рискованная, хотя и не менее трудная задача обретения все более и более полного мастерства в решении проблем, с незапамятных времен стоящих перед ней, составляет ее главную обязанность. Знания о движении небесных тел с древнейших времен требовали насущные потребности человечества; и наука находит свое преимущество, как и во многих случаях, когда она берет свое начало, в снисхождении к практическим требованиям. Действительно, доведение таких знаний как можно ближе к абсолютной точности было определено авторитетными источниками[58] как истинный конец астрономии.

В начале прошлого века сошлись несколько причин, придавших новый и мощный импульс исследованиям, преследующим эту цель. Быстрый прогресс теории почти вынудил к соответствующему прогрессу в наблюдениях; инструментальные усовершенствования сделали такой прогресс возможным; открытия Гершеля пробудили общественный интерес к исследованиям небесных тел; королевское, императорское и великокняжеское покровительство расширило сферу индивидуальных усилий. Сердце нового движения находилось в Германии. До сих пор обсерватории Флемстида и Брэдли были признанным центром практической астрономии; гринвичские наблюдения были эталоном по всей Европе; и искусство наблюдений процветало прямо пропорционально точности, с которой имитировались гринвичские методы. Доктор Маскелайн, занимавший пост королевского астронома в течение сорока шести лет (с 1765 по 1811 год), не был недостойным преемником выдающихся людей, которые были до него. Одно только его основание "*Морского альманаха*" (в 1767 году) представляет собой законное право на известность; он внедрил в Обсерватории важное новшество в виде систематической публикации результатов; а тщательная и продолжительная серия наблюдений, выполненных им, легла в основу усовершенствованных теорий и исправленных таблиц небесных движений, которые быстро завершались за границей. Кроме того, его каталог из тридцати шести "фундаментальных" звезд был в своем роде превосходным и весьма полезным. И все же он был

лишен присущего Брэдли чутья предугадывать потребности будущего. Он был приспособлен скорее для продолжения традиции, чем для основания школы. Старые обычаи были ему дороги, и, каким бы неутраченным он ни был, у него была определенная цель, которая своими требованиями заставляла его идти по пути прогресса. Таким образом, в течение почти пятидесяти лет после смерти Брэдли приобретение небольшой ахроматической[59] было единственным заметным изменением, внесенным в инструментальное оборудование Обсерватории. Транзит, зенитный сектор и фресковый сектор, с помощью которых Брэдли выполнил свою несравненную работу, оставались на своих местах еще долгое время после того, как они пришли в негодность от времени и устарели в результате прогресса изобретений; и только в самом конце своей карьеры Маскелайн, вынужденный обнаружением Пондом серьезных ошибок, заказал Troughton's circle, до использования которого он не дожил.

Между тем тяжелые национальные бедствия, обрушившиеся на Германию в начале девятнадцатого века, казалось, скорее стимулировали, чем препятствовали идущему там интеллектуальному возрождению, которое продолжалось уже несколько лет. Астрономия была одной из первых наук, почувствовавших новый импульс. Усилиями Боде, Ольберса, Шретера и фон Зака были распространены справедливые и возвышенные идеи по этому вопросу, распространена разведывательная информация и подготовлена твердая почва для совместных действий во взаимной симпатии и бескорыстном рвении. В 1804 году они получили мощную помощь через фонд молодого артиллерийского офицера по имени Фон Райхенбах из Оптико-механического института в Мюнхене. Здесь впервые можно было соперничать с работами английских исполнителей на инструментах, а работы английских оптиков — когда Фраунгофер пришел в новое заведение — были намного превзойдены. Развитие телескопа-рефрактора, данное этим выдающимся человеком, было необходимо для прогресса той фундаментальной части астрономии, которая заключается в точном определении местоположения небесных тел. Отражатели - блестящие двигатели открытий, но они с трудом поддаются прозаической работе по измерению прямых восхождений и полярных расстояний. Заметное улучшение в искусстве изготовления и обработки кремневого стекла, таким образом, как нельзя более кстати совпало с возникновением немецкой школы научных механиков, которые предоставили инструментальные средства, необходимые для реформы, которая была уже под рукой. Теперь пришло время поговорить о руководителе этой

реформы.

Фридрих Вильгельм Бессель родился в Миндене, в Вестфалии, 22 июля 1784 года. Определенный вкус к цифрам вкупе с еще более сильным отвращением к латинской случайности направил его склонность и выбор отца в сторону карьеры коммерсанта. Соответственно, на пятнадцатом году жизни он поступил в дом "Кухленкамп и сыновья" в Бремене в качестве ученика клерка. Теперь он был полностью предоставлен сам себе. От своего отца, борющегося с трудностями государственного чиновника, обремененного большой семьей, он прекрасно понимал, что ему нечего ожидать; его дремлющие способности были пробуждены необходимостью самостоятельности, и он поставил перед собой задачу мужественно продвигаться вперед по пути, который лежал перед ним. Должность суперкарга в одной из торговых экспедиций, отправленных из ганзейских городов в Китай и Ост-Индию, была целью его мальчишеского честолюбия, для достижения которой он стремился подготовить себя к трудолюбивому приобретению подходящих и полезных знаний. Он выучил английский за два-три месяца; выучил испанский с помощью ученика оружейника; изучил географию далеких стран, которые надеялся посетить; собрал информацию об их климате, жителях, продуктах и способах торговли. Он хотел немного познакомиться с искусством (тогда им сильно пренебрегали) проведения наблюдений на море; и таким образом, перейдя от навигации к астрономии, а от астрономии к математике, он ошпунью проложил себе путь в новый мир.

Для него было характерно, что практические проблемы науки привлекли его еще до того, как его ум стал достаточно зрелым, чтобы ощутить очарование ее абстрактных красот. Его первая попытка наблюдения была предпринята с помощью секстанта, грубо сконструированного по его собственному указанию, и обычных часов. Его целью было определение долготы Бремена, и его успех, как он говорит нам сам,<sup>[60]</sup> наполнил его восторгом, который, подтвердив его вкусы, решил его судьбу. Теперь он жадно изучал *Jahrbuch* Боде и *Monatliche Correspondenz* Фон Зака, преодолевая каждую возникающую трудность по мере ее возникновения с помощью *Traité d'Astronomie* Паланда и с удивительной быстротой восполняя свой ранний недостаток математической подготовки. За два года он смог решить проблему, которая потребовала бы терпения, если не мастерства, самого опытного астронома. Среди бумаг графа Эгремонта Фон Зак обнаружил наблюдения Хэрриота за кометой Галлея при ее появлении в 1607 году и опубликовал их в качестве приложения к



Ежегоднику Бодэ. С тщательно продуманной тщательностью, вдохновленной его юношеским пылом, хотя вряд ли заслуживаемой их распущенным характером, Бессель вычислил по ним орбиту этого знаменитого небесного тела и представил работу Ольберсу, чья репутация в области кометных исследований придавала особое значение высказанному почтению. Доброжелательный врач-астроном из Бремена с удивлением и восторгом приветствовал такое действие, исходящее из такого источника. Пятнадцатью годами ранее Французская академия завершила подобную работу; теперь равную ей создал двадцатилетний юноша, увлеченный коммерцией, самоучка, вынужденный урывать у сна часы, посвященные учебе. Статья была немедленно отправлена фон Заку для публикации с запиской Ольберса, объясняющей обстоятельства жизни ее автора; и имя Бесселя стало общим достоянием ученой Европы.

Однако у него пока не было намерения делать астрономию своей профессией. В течение двух лет он продолжал днем работать в бухгалтерии, а по ночам корпеть над *"Механикой Селеста"* и дифференциальным исчислением. Но должность ассистента в обсерватории Шретера в Лилиентале стала вакантной после переезда Хардинга в Геттинген в 1805 году, и Ольберс добился для него этого предложения. Не без борьбы он решил обменять письменный стол на телескоп. Его репутация у работодателей была высочайшей; он досконально освоил детали бизнеса, за которым его острый практический ум следил с живым интересом; годы его ученичества подходили к концу, и перед ним открывалась немедленная и не такая уж нежелательная перспектива сравнительного достатка. Любовь к науке, однако, взяла верх; он выбрал бедность и звезды и поступил в Лилиенталь с жалованьем в сто талеров в год. Оглядываясь назад на работу своей жизни, Ольберс много лет спустя заявлял, что величайшая услуга, которую он оказал астрономии, заключалась в том, что он распознал, направил и продвинул гений Бесселя.[61]

В течение четырех лет он продолжал работать у Шретера. В конце того времени прусское правительство выбрало его руководить возведением новой обсерватории в Кенигсберге, которое после многих досадных задержек, вызванных тяжелым состоянием страны, было завершено к концу 1813 года. Кенигсберг был первой по-настоящему эффективной немецкой обсерваторией. Более того, он стал центром совершенствования не только для Германии, но и для всего астрономического мира. В течение тридцати двух лет она была ареной трудов Бесселя, и целью трудов Бесселя была реконструкция по измененному и

единообразному плану всей науки наблюдения.

Знание расположения звезд - основа астрономии.[62] Их конфигурация придает небесам их отличительные черты и выделяет изменяющиеся траектории более подвижных объектов с относительно фиксированными и, как правило, неизменяющимися точками света. Более подробное и точное знакомство со звездным множеством, рассматриваемое с чисто уранографической точки зрения, соответственно, во все времена составляло первостепенную цель астрономической науки и в течение последнего столетия культивировалось с таким рвением и успехом, что все предыдущие усилия отошли на второй план. В *Истории Селесты* Лаланда, опубликованной в 1801 году, были указаны местоположения не менее 47 390 звезд, но, так сказать, грубо, и, следовательно, требовались трудоемкие вычисления, чтобы сделать их доступными для точных целей. Пиацци подал пример усовершенствованных методов наблюдения, результатом чего стала публикация в 1803 и 1814 годах двух каталогов примерно из 7600 звезд — второй был переработкой и расширением первого, — которые для своего времени были моделями того, какими должны быть такие работы.[63] Стивен Грумбридж из Blackheath был таким же активным и приносил наибольшую пользу. Но требовалось нечто большее, чем усердие отдельных наблюдателей. Требовалась систематическая реформа; и именно ее Бессель предпринял и довел до конца.

Прямое наблюдение дает только то, что было названо "сырым материалом" для определения положения небесных тел.[64] Необходимо применить ряд очень сложных исправлений, прежде чем их *среднее* значение можно будет отделить от их *видимых* мест на сфере. Из них наиболее значительной и знакомой является атмосферная рефракция, при которой объекты кажутся расположенными выше в небе, чем это есть на самом деле, причем эффект мимолетен в зените и достигает максимума, варьируясь в зависимости от условий давления и температуры, на горизонте. Более того, точки, к которым относятся измерения, сами находятся в движении, либо постоянно в одном направлении, либо периодически туда-сюда. *Прецессия* равноденствий медленно прогрессирует или, скорее, регрессивна; *нута́ция* полюса колеблется с периодом около восемнадцати лет. Вдобавок к этому, не мгновенное прохождение света в сочетании с движением Земли по ее орбите вызывает небольшое годовое смещение, известное как *абerrация*.

Теперь легко видеть, что любая неопределенность в применении

этих поправок подрывает сами основы точной астрономии. Это правда, что речь идет о чрезвычайно малых величинах; но жизнь и прогресс современной астрономической науки зависят от надежного распознавания чрезвычайно малых величин. Однако в первые годы девятнадцатого века не было установлено единой системы "редукции" (так называется полная коррекция результатов наблюдений). Многое было оставлено на усмотрение индивидуальных прихотей наблюдателей, которые выбрали для нескольких "элементов" редукции такие ценности, которые казались им наилучшими. Отсюда возникло много пагубной путаницы, которая, как правило, препятствовала совместным действиям и подрывала полезность кропотливых исследований. Для такого положения вещей Бессель, проявив непревзойденное усердие, проницательность и терпение, нашел вполне удовлетворительное средство.

Его первым шагом было тщательное исследование драгоценной серии наблюдений, сделанных Брэдли в Гринвиче с 1750 года до его смерти в 1762 году. Каталог из 3222 звезд, который он извлек из них, дал самый ранний пример систематического сведения к единому плану такого объема работ. Трудно, не вдаваясь в подробности, неуместные в таком томе, как настоящий, передать представление о трудном характере этой задачи. Это включало в себя формирование теории ошибок каждого из инструментов Брэдли и сложное и деликатное исследование истинной ценности каждого исправления, которое необходимо было применить, прежде чем записи в гринвичских журналах могли быть преобразованы в законченный и аутентичный каталог. Хотя работа была завершена в 1813 году, только пять лет спустя результаты были опубликованы с гордым, но вполне уместным названием "*Основы астрономии*". Выдающаяся ценность работы заключалась в том, что, предоставляя массу совершенно достоверной информации о состоянии небес в эпоху 1755 года, она отбросила начало *точной* астрономии почти на полвека назад. По сравнению с каталогами Пиацци была более точно определена величина прецессии, собственные движения значительного числа звезд стали известны с уверенностью, и наконец стало возможным точное предсказание — свидетельство о посвящении в тайны Природы — относительно расположения звезд. Последние усовершенствования Бесселя в методах сокращения были опубликованы в 1830 году в его *Таблице регионов*. Они не только значительно повысили точность, но и значительно расширили возможности применения и были сразу и повсеместно приняты на вооружение. Таким образом, астрономия стала поистине универсальной наукой; неопределенности и

несоответствия были устранены, а наблюдения, сделанные во все времена и в разных местах, стали взаимно сопоставимыми.[65]

Однако многое еще предстоит сделать. Чтобы с большей строгостью проверить результаты, полученные по каталогам Брэдли и Пиацци, потребовался третий термин для сравнения, и Бессель взялся его предоставить. В результате 75 011 наблюдений, проведенных в 1821-33 годах с предельной тщательностью, число точно известных звезд было доведено до более чем 50 000, и накоплен достаточный запас достоверных фактов для использования будущими астрономами. В этом отделе Аргеландер, которого он привлек от финансов к астрономии и обучил своим собственным методам, был его помощником и преемником. Великий "Bonn Durchmusterung", [66], в котором перечислены 324 198 звезд, видимых в северном полушарии, и соответствующий "Атлас", опубликованный в 1857-63 годах, составляющие картину нашего звездного окружения с доселе недостижимой полнотой, можно справедливо сказать, что они обязаны своим возникновением инициативе Бесселя и образуют общую картину. продолжение того, что он начал.

Но его деятельность была направлена не только на продвижение всеобъемлющей реформы в астрономии; она охватывала и особые проблемы. Долгое время безуспешные поиски параллакса неподвижных звезд были возобновлены с новым рвением, поскольку каждое механическое или оптическое усовершенствование давало новые надежды на успешный результат. Иллюзорных результатов было предостаточно. Пьяцца в 1805 году обнаружил, как он и предполагал, значительные ежегодные перемещения Веги, Альдебарана, Сириуса и Прокциона; правда заключалась в том, что его инструменты изнашивались от постоянного использования, и на них больше нельзя было положиться.[67] Его соотечественник Каландрелли был введен в подобное заблуждение. Знаменитый спор между Королевским астрономом и доктором Бринкли, директором обсерватории Дублинского колледжа, касался той же темы. Бринкли, у которого был первоклассный меридиональный круг, считал, что обнаружил относительно большие параллаксы для четырех самых ярких звезд; Понд, полагаясь на показания гринвичских приборов, утверждал, что они недействительны. Спор, затянувшийся на четырнадцать лет, с 1810 по 1824 год, не был доведен до определенного завершения; но сильная презумпция отрицательной стороны была полностью оправдана в данном случае.

Были веские основания для недоверия к вопросу о параллаксах. Сообщения об их обнаружении стали настолько частыми, что были дискредитированы еще до того, как они были опровергнуты; и Струве, который исследовал этот предмет в Дерпте в 1818-21 годах, ясно показал, что рассматриваемые величины были слишком малы, чтобы соответствовать надежной измерительной мощности любого используемого в то время инструмента. Однако уже готовились средства для значительного увеличения этих полномочий.

21 июля 1801 года два старых дома в одном из переулков Мюнхена рухнули, похоронив под своими руинами жильцов, из которых только один остался жив, хотя и получил серьезные ранения. Это был четырнадцатилетний мальчик-сирота по имени Йозеф Фраунгофер. Курфюрст Максимилиан Иосиф был свидетелем этой сцены, заинтересовался выжившим и утешил его в несчастье подарком в восемнадцать дукатов. Редко можно было получить деньги лучше. Часть денег ушла на покупку книг и станка для полировки стекла, с помощью которого юный Фраунгофер изучал математику и оптику и тайно упражнялся в придании формы и доводке линз; на оставшуюся часть он получил освобождение от тирании некоего Вайхсельбергера, мастера по зазеркалью по профессии, к которому он был обязанным учеником после смерти своих родителей. Последовал период борьбы и лишений, в течение которого, однако, он быстро расширил свои познания; и, таким образом, был в высшей степени подготовлен к ожидавшей его задаче, когда в 1806 году поступил на оптический факультет заведения, основанного двумя годами ранее фон Райхенбахом и Утцшнайдером. Теперь он ревностно посвятил себя усовершенствованию ахроматического телескопа; и после длительного изучения теории линз и множества кропотливых экспериментов по изготовлению кремневого стекла ему удалось 12 декабря 1817 года усовершенствовать предметное стекло изысканного качества и отделки, диаметром 9-1/2 дюйма и фокусным расстоянием 14 футов.

Эта (как тогда считалось) гигантская линза была приобретена Струве для российского правительства, и "большой дерптский рефрактор" — первый из крупных ахроматических приборов, сыгравших такую важную роль в современной астрономии, — был установлен в конце 1824 года на том месте, которое он занимает до сих пор. Благодаря изобретательным усовершенствованиям в монтаже и подгонке, он был приспособлен для тончайшей микрометрической работы и, таким образом, предлагал

беспрецедентные возможности как для исследования двойных звезд (в которых Струве в основном использовал его), так и для таких тонких измерений, которые могли бы помочь выявить или опровергнуть существование ощутимого звездного параллакса. Более того, Фраунгофер сконструировал для обсерватории в Кенигсберге первый действительно доступный гелиометр. Принцип работы этого прибора (более уместно называемого "разделенный предметно-стеклянный микрометр") заключается в разделении на строго измеряемую величину двух различных изображений одного и того же объекта. Например, если исследуется двойная звезда, две полуобъективы, на которые разделено объективное стекло, сдвигаются до тех пор, пока верхняя звезда (скажем) на одном изображении не совпадет с нижней звездой на другом, когда их расстояние друг от друга становится известным по величине используемого движения.[68]

Этот практически новый исследовательский двигатель был доставлен и смонтирован в 1829 году, через три года после окончания срока службы его создателя. Дерптский объектив принес Фраунгоферудворянский титул и единоличное руководство Мюнхенским оптическим институтом (полностью отделенным с 1814 года от механического факультета). Однако то, чего он достиг, было лишь малой частью того, чего он намеревался достичь. Он видел перед собой возможность почти вчетверо увеличить светосъемную способность большого ахроматика, приобретенного Струве; он размышлял об усовершенствованиях отражателей, столь же важных, как те, которые он уже осуществил в рефракторах; и, кроме того, был увлечен исследованиями природы света, важный характер которых у нас со временем будет возможность оценить. Но говорят, что его здоровье было подорвано из-за ослабляющих последствий раннего несчастного случая в сочетании с чрезмерным и нездоровым трудом, и, все еще надеясь на его восстановление после запланированного путешествия в Италию, он умер от чахотки 7 июня 1826 года в возрасте тридцати девяти лет. На его могиле в Мюнхене выгравирована краткая надгробная речь "*Аппроксимави т сидера*".

Как только Бессель познакомился с великолепными определяющими свойствами кенигсбергского гелиометра, он решил использовать их в атаке на ставшую вековой проблемой расстояний до звезд. Но только в 1837 году он нашел время продолжить расследование. Выбирая звезду-испытательницу, он руководствовался новым принципом. До сих пор предполагалось, что наших ближайших соседей по космосу следует искать среди самых ярких украшений нашего неба. Знание собственных

движений звезд, полученное в результате критического сравнения недавних мест расположения звезд с более ранними, подсказало другой критерий расстояния. Невозможно избежать вывода, что, по-видимому, самые быстро движущиеся звезды, *в целом*, также являются ближайшими к нам, какими бы многочисленными ни были отдельные исключения из этого правила. Теперь, еще в 1792 году, [69] Пиацци отметил в качестве признака относительной близости к земле необычно большое собственное движение ( $5 \cdot 2'$  в год) двойной звезды пятой величины в созвездии Лебедя. Еще более решительно в 1812 году [70] Бессель привлек внимание астрономов к этому факту, и 61 Лебедь стал известен как "летающая звезда". *Кажущаяся* скорость его полета на самом деле настолько нетороплива, что за тысячу лет он переместится менее чем на  $3 \cdot 1/2$  лунных диаметра, и потребуется четверть миллиона, чтобы пронести его по всему кругу видимого неба. Тем не менее, у нее мало соперников по скорости движения, видимое смещение подавляющего большинства звезд по сравнению с ней почти незаметно.

Таким образом, Бессель выбрал этот интересный, хотя и неприметный объект для исследования с помощью своего гелиометра, в то время как Струве провел аналогичную и несколько более раннюю пробу с ярким камнем Лиры, арабское название которого "Падающий орел" сохранилось как потрепанный временем остаток в "Вега". Оба астронома согласились использовать "дифференциальный" метод, для которого их инструменты и близость к выбранным ими звездам крошечных, физически обособленных спутников предлагали особые возможности. В последний месяц 1838 года Бессель обнародовал результат годичных наблюдений, показав для 61 Лебедя параллакс около трети секунды ( $0.3136''$ ). [71] Затем он снял и отремонтировал свой гелиометр, после чего возобновил расследование и, наконец, завершил серию из 402 измерений в марте 1840 года. [72] Полученный параллакс, равный  $0.3483''$  (что соответствует расстоянию, примерно в 600 000 раз превышающему расстояние Земли от солнца), по-видимому, был установлен без всяких придинок и запоминается как первый *опубликованный* экземпляр линии сажени, с таким усердием брошенной в небесное пространство, которая действительно и несомненно *коснулась дна*. Это было подтверждено в 1842-43 годах с любопытной точностью К. А. Ф. Питерсом в Пулкове; но более поздние исследования показали, что для этого требуется увеличение почти до половины секунды. [73]

Измерения Струве внушали меньше доверия. Они продолжались

более трех лет (1835-38), но были сравнительно немногочисленны и часто прерывались. Соответственно, параллакс около четверти секунды ( $0.2613''$ ), который он вывел из них для  $\alpha$  Лиры и объявил в 1840 году, [74] оказался значительно большим. [75]

Между тем результат того же рода, но более поразительного характера, чем у Бесселя или Струве, был получен, можно сказать, почти случайно, другим методом и в отдаленном регионе. Томас Хендерсон, первоначально работавший клерком адвоката в своем родном городе Данди, стал известен своими астрономическими достижениями и в 1831 году был назначен руководить недавно построенной обсерваторией на мысе Доброй Надежды. Он начал наблюдения в апреле 1832 года и, несмотря на серьезные недостатки своего прибора, выполнил за тринадцать месяцев своего пребывания на этом посту удивительно много первоклассной работы. С целью корректировки склонения блестящей двойной звезды  $\alpha$  Центавра (которая занимает третье место по яркости на небе после Сириуса и Канопуса), он произвел ряд последовательных определений ее положения, и, получив информацию о ее очень значительном собственном движении ( $3.6''$  в год), он решил изучить уже сделанные наблюдения на предмет возможных следов параллактического смещения. Это было сделано по его возвращении в Шотландию, где он занимал должность королевского астронома с 1834 года до своей преждевременной смерти в 1844 году. Результат оправдал его ожидания. Из измерений склонения, сделанных на мысе и должным образом уменьшенных, четко вырисовывается параллакс примерно в одну секунду угловой (уменьшенный наблюдениями Джилла и Элкина в 1882-1883 годах до  $0.75''$ ); но, возможно, из-за излишней осторожности, он не был опубликован до тех пор, пока не будет обеспечена более полная уверенность в совпадающих показаниях лейтенанта Мидоуза о прямом восхождении той же звезды. [76] Когда, наконец, 9 января 1839 года Хендерсон сообщил о своем открытии Астрономическому обществу, он больше не мог претендовать на приоритет, который ему причитался. Бессель опередил его с параллаксом 61 Лебеда всего на два месяца.

Таким образом, с трех разных сторон были совершены три успешных и почти одновременных нападения на давно осажденную цитадель небесных тайн. С тех пор та же работа неуклонно продолжалась, и общий результат показал, что в отношении подавляющего большинства звезд они находятся слишком далеко, чтобы показать даже малейший след оптического смещения от вращения Земли по ее орбите. Однако



почти в сотне случаев были определены небольшие параллаксы, в некоторых случаях определенно (то есть с умеренной погрешностью), в других - более или менее ненадежно. Этот список поучителен как по своим упущениям, так и по своему содержанию. Он включает звезды многих степеней яркости, от Сириуса до безымянной телескопической звезды в созвездии Большой Медведицы; [77] однако близость к земле этого крошечного объекта настолько больше, чем у сверкающей Веги, что блеск последней, перенесенной на ее место, увеличился бы в тридцать восемь раз. Более того, обнаружено, что многие из самых ярких звезд не имеют заметного параллакса, в то время как большинство из тех, которые считаются ближайшими к земле, имеют пятую, шестую и даже девятую величины. Из этого следуют очевидные выводы о том, что диапазон разнообразия в звездной системе значительно больше, чем предполагалось, и что оценки расстояния, основанные на видимой величине, должны быть совершенно бесполезными. Таким образом, великолепные Канопус, Бетельге и Ригель, исходя из их неопределенной удаленности, в тысячи раз превосходят наше солнце по размеру и блеску; в то время как многие неприметные объекты, оказавшиеся в относительной близости от нас, должны быть заметно ниже его. Таким образом, границы реальной звездной величины очень широко разнесены. В то же время считается, что так называемые "оптический" и "геометрический" методы относительной оценки звездных расстояний имеют под собой фактическую основу, хотя и настолько замаскированы сложными отношениями, что их индивидуальное применение весьма сомнительно. В целом, шансы в пользу того, что яркая звезда находится в большей близости от нее, чем слабая; и, в целом, звезды с наиболее быстрым *видимым* движением относятся к числу тех, чья *действительная* удаленность наименьшая. В самом деле, от обоих выводов никуда не деться, разве что предположить особые механизмы, которые сами по себе в высшей степени невероятны и, мы можем с уверенностью сказать, не существуют.

Расстояния даже до тех немногих звезд, у которых обнаружены измеримые параллаксы, находятся в масштабах, совершенно неподвластных человеческому разуму. В попытке как четко осознать их, так и удобно выразить возникла новая единица измерения длины, которая сама по себе ошеломляющих размеров. Это то, что мы можем назвать *путешествием света* продолжительностью в один год. Тонкие вибрации эфира, распространяющиеся во все стороны от поверхности светящихся тел, распространяются со скоростью 186 300 миль в секунду, или (в круглых цифрах) шесть миллиардов миль в год. Четыре и

третья такие меры необходимы, чтобы преодолеть пропасть, отделяющую нас от ближайшей неподвижной звезды. Другими словами, свету требуется четыре года и четыре месяца, чтобы достичь земли от  $\alpha$  Центавра; однако  $\alpha$  Центавра находится примерно на десять миллиардов миль ближе к нам (насколько пока известно), чем любой другой член звездной системы!

Определение параллакса приводит в случае звезд, вращающихся по известным орбитам, к определению массы; поскольку установлено расстояние от земли двух тел, образующих двойную систему, то секунды дуги, по-видимому, отделяющие их друг от друга, могут быть переведены в миллионы миль; и нам нужно только добавить знание их периода, чтобы мы могли путем простой пропорциональной суммы определить их общую массу в терминах массы Солнца. Таким образом, поскольку, согласно "элементам" доктора Доберка, компоненты  $\alpha$  Центавра вращаются вокруг своего общего центра тяжести на среднем расстоянии, почти в 25 раз превышающем радиус земной орбиты, за период в 88 лет сила притяжения этих двух элементов вместе должна быть всего в два раза больше солнечной. Мы можем составить некоторое представление об их взаимоотношениях, представив в воображении второе светило, подобное нашему солнцу, вращающееся между орбитами Нептуна и Урана. Но системы еще более величественных пропорций из-за крайней удаленности превращаются в кажущуюся незначительность. Двойная звезда четвертой величины в Кассиопее ( $\epsilon$ ), которой О. Струве приписывает небольшой параллакс, по-видимому, более чем в восемь раз массивнее центрального шара нашего мира; в то время как гораздо менее заметная пара — 85 Пегасов - оказывает, если верить имеющимся данным, не менее чем в тринадцать раз большую силу притяжения Солнца.

Далее, фактическая скорость собственных движений, насколько это касается той их части, которая проецируется на сферу, может быть установлена для звезд, находящихся на известном расстоянии. Например, годовой путь 61 Лебеда *через линию прямой видимости* составляет 1000 миль, а звезды альфа Центавра - 446 миллионов миль. Маленькая звезда, пронумерованная 1830 в Циркумполярном каталоге Грумбриджа, "пожирает путь" со скоростью не менее 150 миль в секунду — скорость, по мнению Ньюкомба, неподвластная силе притяжения всей звездной системы; и  $\mu$  Кассиопея обладает более чем двумя третями этой удивительной скорости; в то время как спектроскопические измерения профессора Кэмпбелла показали, что для обоих объектов радиальные перемещения составляют

всего шестьдесят миль в секунду.

Вывод Гершеля о продвижении солнца среди звезд не был признан самым выдающимся из его преемников как обоснованный. Бессель утверждал, что нет абсолютно никаких убедительных доказательств в пользу его предполагаемого направления к точке в созвездии Геркулеса.[78] Био, Буркхардт, даже собственный сын Гершеля, разделяли его недоверие. Но появление эссе Аргеландера на соискание премии в 1837 году[79] изменило аспект вопроса. Первое запоминающееся решение, принятое Гершелем в 1783 году, было основано на движениях тринадцати звезд, известных недостаточно точно; его второе, в 1805 году, - не более чем шести. Теперь Аргеландер получил полностью совпадающий результат из большого числа 390, определенного со скрупулезной точностью, характерной для работ Бесселя и его собственных. Реальность факта, настойчиво раскрываемого таким образом, больше не подлежала сомнению; это было подтверждено пять лет спустя младшим Струве и еще более поразительно в 1847 году[80] исследованиями Гэллоуэя, основанными исключительно на видимых смещениях южных звезд. В 1859 и 1863 годах сэр Джордж Эйри и мистер Данкин (1821-1898),[81] используя все ресурсы современной науки и располагая богатым материалом, предоставленным 1167 правильными движениями, тщательно определенными мистером Мэйном, пришли к выводам, очень похожим на те, которые были указаны почти восемьдесятю годами ранее первым великим звездным астрономом; повторное исследование предмета мистером Пламмером привело к тому, что в 1883 году[82] была лишь слегка изменена. И все же астрономы не были удовлетворены. Доктор Оверс из Берлина завершил в 1866 году великолепную работу, за которую он получил в 1888 году Золотую медаль Королевского астрономического общества. Он состоял в том, чтобы заново восстановить, с помощью самых точных современных данных, первоначальные звезды Брэдли и сравнить их положения, полученные таким образом для 1755 года, с теми, которые были присвоены им на основании наблюдений, сделанных в Гринвиче по прошествии девяноста лет. За этот промежуток времени, как и следовало ожидать, было обнаружено, что большинство из них пролетели над каким-то небольшим участком небес, и в результате было получено около трех тысяч в высшей степени достоверных собственных движений. Эти обширные материалы были использованы М. Людвигом Струве[83] для обсуждения движения Солнца, результатом которого стало смещение точки прицеливания в область, граничащую с созвездиями Геркулеса и Лиры. И более восточное

положение вершины солнца было полностью подтверждено экспериментами с различными списками звезд Льюиса Босса из Олбани,[84] и Оскара Штумпе из Бонна.[85] Новые меры предосторожности были внесены в рассмотрение предмета Ристенпартом из Карлсруэ,[86] Каптейном из Гронингена,[87] по ГИПЕРССЫЛКЕ Ньюкомба[88] и по ГИПЕРССЫЛКЕ Портера[89] в Америке, которые умело воспользовались обильными материалами, накопленными к концу столетия. Их результаты, хотя и не более близкие к результатам их предшественников, в совокупности показали, что движение нашей системы направлено к точке внутри окружности радиусом около десяти градусов, центром которой является сверкающая Вега. Определить его скорость было еще более сложной задачей. Это включало предположение, в значительной степени на усмотрение, о среднем параллаксе для исследованных звезд; и, следовательно, оценка Отто Струве в 154 миллиона миль как пролета, проходимого в год, была совершенно ненадежной. К счастью, однако, как будет показано далее, теперь стал доступен метод определения скорости Солнца независимо от каких-либо знаний о расстояниях до звезд.

Как и следовало ожидать, рассуждения о цели странного путешествия открытий в космосе, в которое отправилась наша система, были не праздными, а совершенно бесплодными. Разнообразие гипотез, выдвигаемых в связи с этим вопросом, само по себе является показателем их тщетности. Давным-давно, еще до того, как устройство небес стало предметом методического исследования, Кант был склонен рассматривать Сириус как "центральное солнце" Млечного Пути; в то время как Ламберт предположил, что огромная туманность Ориона может служить управляющей силой подчиненной группы, включающей наше солнце. Гершель дал намек на то, что большое скопление в Геркулесе может оказаться высшим средоточием силы притяжения;[90] Аргеландер поместил свое центральное тело в созвездие Персея;[91] Фомальгаут, бриллиант Южной Рыбы, был установлен на почетном посту Богуславским из Бреслау. Мэдлер (который сменил Струве в Дерпте в 1839 году) на основе более формального расследования пришел к выводу, что правящая сила в звездной системе находится не в какой-то отдельной преобладающей массе, а в центре тяжести самоконтролируемого вращающегося множества.[92] В первом случае (как мы знаем из примера планетной схемы) движения звезд были бы наиболее быстрыми вблизи центра; во втором они ускорились бы по мере удаления от него.[93] Мэдлер показал, что ни одна часть небес не может быть указана как область исключительно быстрых

движений, которые могли бы быть результатом присутствия гигантского (хотя, возможно, и неясного) управляющего тела; но что сообщество чрезвычайно медленных движений, несомненно, существовало в группе Плеяд и вблизи нее, где, соответственно, он поместил центр тяжести Млечного Пути.[94] Яркая звезда Алцион, таким образом, стала "центральной солнцем", но в чисто пассивном смысле, ее главенство определялось ее положением в точке нейтрализации противоположных тенденций и последующего покоя. С помощью общепризнанно гипотетического метода период обращения солнца вокруг этой точки был установлен в 18 200 000 лет.

Схема звездного правления, составленная дерптским астрономом, была, как можно заметить, наиболее одобренного конституционного типа; лишение, а не увеличение влияния, сопровождающее должность главного сановника. Но пока мы все еще пребываем в неведении и, возможно, навсегда останемся таковыми относительно фундаментального плана, на основе которого организована Галактика, недавние исследования все больше и больше демонстрируют его не как монархический (так сказать), а как федеративный. Общность собственных движений, обнаруженная Медлером в окрестностях Плеяд, может, соответственно, обладать значением, совершенно отличным от того, что он предполагал.

Так называемые "основы астрономии невидимого" Бесселя теперь требуют внимания.[95] Его предсказание относительно планеты Нептун не относится к нынешнему разделу нашей темы; однако строго аналогичное открытие в звездной системе было им также очень ясно предсказано. Его самые ранние подозрения о неравномерности в собственном движении Сириуса датировались 1834 годом; они распространились на Процион в 1840 году; и после серии уточненных измерений с помощью нового круга Репсольда он объявил в 1844 году о своем заключении, что эти неравномерности были вызваны присутствием неясных тел, вокруг которых вращались две яркие звезды-Собаки, когда они пересекали сферу.[96] Он даже назначил каждому примерный период в полвека. "Я придерживаюсь убеждения, - писал он позже Гумбольдту, - что Процион и Сириус образуют реальные двойные системы, состоящие из видимой и невидимой звезды. Нет оснований полагать, что светимость является существенным качеством космических тел. Видимость бесчисленных звезд не является аргументом против невидимости бесчисленного множества других".[97]

Вывод, столь противоречащий общепринятым идеям, не вызывал особого доверия, пока Питерс в 1851 году не обнаружил,<sup>[98]</sup> что очевидные аномалии в движениях Сириуса могут быть полностью объяснены обращением по орбите за период в пятьдесят лет. Предвидению Бесселя было суждено оправдаться еще более триумфально. 31 января 1862 года, испытывая новый 18-дюймовый рефрактор, мистер Алван Г. Кларк (один из представителей знаменитой фирмы американских оптиков) действительно обнаружил гипотетического спутника Сириуса в точном положении, требуемом теорией. К настоящему времени за ним наблюдали на протяжении почти всего оборота (период  $49 \cdot 4$  года), и оказалось, что он очень слабо светится пропорционально своей массе. На самом деле его притягивающая сила почти вдвое меньше, чем у его основного источника, в то время как он излучает лишь  $1/10000$ -ю часть своего света. С другой стороны, сам Сириус обладает гораздо более высокой интенсивностью излучения, чем наше солнце. Оно притягивается — если быть точным, параллакс сэра Дэвида Гилла равен  $0 \cdot 38'$ , — как два солнца, но сияет, как двадцать. Возможно, она сильно растянута из-за высокой температуры, и, несомненно, ее атмосфера поглощает гораздо меньшую долю ее света, чем у звезд солнечного класса. Что касается Проциона, визуального подтверждения ждали до 13 ноября 1896 года, когда профессор Шеберле с помощью рефрактора грейт-Лик обнаружил долгожданный объект под видом звезды тринадцатой величины. Расчеты доктора Си<sup>[99]</sup> показали, что она обладает одной пятой массы своего первичного объекта, или, скорее, более чем половиной массы нашего солнца.<sup>[100]</sup> Тем не менее, он дает едва ли  $1/200$ -ю часть солнечного света, так что он все еще ближе к полной неизвестности, чем темный спутник Сириуса. Сорокалетний период, назначенный системе Оверсом в 1862 году<sup>[101]</sup> представляется исключительно точным.

Но Бесселю не суждено было стать свидетелем признания "невидимого" законной и прибыльной областью астрономических исследований. Он умер 17 марта 1846 года, всего за шесть месяцев до открытия Нептуна, от малоизвестной болезни, которая, как впоследствии выяснилось, была вызвана обширным ростом грибка в желудке. Место, которое он оставил вакантным, было нелегко заполнить. Дело его жизни действительно можно охарактеризовать как "эпохальное". Действительно, редко мы встретим человека, который с одинаковым успехом совмещал требования теоретической и практической астрономии или рассматривал науку, которую он сделал своей собственной, столь же всеобъемлющим, практичным и глубоким взглядом.

Карьера Фридриха Георга Вильгельма Струве иллюстрирует максимум о том, что наука *дифференцируется* по мере своего развития. Помимо всего прочего, он был специалистом по двойным звездам. Его самое раннее зарегистрированное использование телескопа было для проверки вывода Гершеля относительно вращательного движения Кастора, и он никогда не отклонялся от пристрастия, которое сразу же обозначило и определило это первое наблюдение. Он родился в Альтоне, в уважаемой семье йомена, 15 апреля 1793 года, а в 1811 году получил степень филолога в новом Русском университете в Дерпте. Затем он обратился к науке, в 1813 году был назначен профессором астрономии и математики и начал регулярную работу в Дерптской обсерватории, только что возведенной Парротом для Александра I. Однако только в 1819 году приобретение Троутоном 5-футового рефрактора позволило ему измерять углы расположения двойных звезд с регулярностью и приемлемой точностью. Итоговый каталог из 795 звездных систем дал сигнал к общему возобновлению работ гершеля в этой области. Его успех на данный момент и необычайные возможности для наблюдений, предоставляемые ахроматиком Фраунгофера, побудили его предпринять 11 февраля 1825 года обзор всего неба вплоть до  $15^\circ$  южнее небесного экватора, который занял более двух лет и дал в результате изучения более 120 000 звезд около 2200 ранее незамеченных составных объектов. Последующие десять лет были посвящены тщательным и терпеливым измерениям, результаты которых были воплощены в "*Микрометрике размеров*", опубликованной в Санкт-Петербурге в 1837 году. В этой монументальной работе указаны места, углы расположения, расстояния, цвета и относительная яркость 3112 двойных и кратных звезд, и все это определено с предельным мастерством и тщательностью. Запись - это та, ценность которой возрастает с течением времени, и она на века останется эталоном для обнаружения изменений или подтверждения обнаружения.

Из исследований Струве следует, что примерно каждая сороковая из всех звезд вплоть до девятой звездной величины является составной, но в более ярких порядках эта доля удваивается.<sup>[102]</sup> Это он объяснил трудностью обнаружения слабых спутников очень удаленных шаров. Также было замечено, как им, так и Бесселем, что двойные звезды в целом примечательны большими собственными движениями. В каталоге Струве не было ни одной звезды, компоненты которой находились бы на расстоянии более 32 футов друг от друга, потому что за пределами этого расстояния шансы на чисто оптическое сопоставление становятся



значительными; но огромное преобладание чрезвычайно близких по сравнению с (так сказать) слабо связанными телами таково, что демонстрирует их физическую связь, даже если не было получено никаких других доказательств. Многие звезды, которые ранее считались одиночными, разделились под пристальным вниманием Дерптского рефрактора; в то время как в некоторых случаях один член предполагаемой двойной системы оказывался двойным, таким образом, удивленный наблюдатель оказывался в неожиданном присутствии тройной группы солнц. Было отмечено пять случаев, когда две пары располагались так близко друг к другу, что вызывали убеждение в их взаимной зависимости;<sup>[103]</sup> кроме того, было приведено 124 примера тройных, четырехкратных и множественных комбинаций, реальность которых не вызывала никаких разумных сомнений.<sup>[104]</sup>

Впервые Бессель указал на то, что тот факт, что звезды демонстрируют общее собственное движение, может служить надежным критерием их реального объединения в системы. Это было, соответственно, одним из главных критериев, использовавшихся Струве для отличия истинных двойных систем от просто оптических пар. Только на этом основании 61 Лебедь был признан настоящей двойной звездой; и было показано, что, хотя его компоненты, по-видимому, следуют почти строго прямолинейным траекториям, все же вероятность того, что они образуют связанную пару, на самом деле больше, чем вероятность того, что завтра утром взойдет солнце.<sup>[105]</sup> Более того, было обнаружено, что эта связь идентичного движения объединяет тела<sup>[106]</sup> расстояние, обычно разделяющее члены двойных систем, выходит далеко за пределы диапазона расстояний, обычно разделяющих члены двойных систем, и преобладает настолько широко, что приводит к выводу число этих одиночек превышает число сросшихся звезд не более чем в два-три раза.<sup>[107]</sup>

В 1835 году император Николай вызвал Струве руководить возведением новой обсерватории в Пулковой, недалеко от Санкт-Петербурга, предназначенной для особого развития звездной астрономии. В его распоряжение были предоставлены безграничные ресурсы, и было признано, что созданное им учреждение превосходит все другие в своем роде по великолепию, эффективности и завершенности. Его главной инструментальной славой был рефрактор с пятнадцатидюймовой апертурой работы Мерца и Малера (преемников Фраунгофера), который оставил знаменитый дерптский телескоп далеко позади и долгое время не имел конкурентов. По завершении строительства



этого образцового учреждения, 19 августа 1839 года, Струве был назначен его директором и продолжал выполнять важные обязанности на этом посту со своей обычной энергией до 1858 года, когда болезнь вынудила его фактически уйти в отставку в пользу своего сына Отто Струве, родившегося в Дерпте в 1819 году. Он умер 23 ноября 1864 года.

Исследование законов распределения звезд, предпринятое в первые годы его пребывания в Пулкове, привело Струве к подтверждению в основном выводов, к которым пришел Гершель относительно устройства небес. Согласно его точке зрения, видимость, известная как Млечный Путь, создается совокупностью неравномерно уплотненных звездных скоплений, внутри которых солнце расположено несколько эксцентрично. Он предполагал, что туманное кольцо, которое таким образом объединяет свет бесчисленных миров, состоит из звезд, рассеянных по изогнутой или "ломаной плоскости", или лежит в двух плоскостях, слегка наклоненных друг к другу, причем наша система занимает положение вблизи их пересечения.<sup>[108]</sup> Далее он попытался показать, что пределы этого обширного скопления должны оставаться навсегда скрытыми от человеческого восприятия из-за постепенного угасания света при его прохождении через пространство,<sup>[109]</sup> и стремился придать этой знаменитой гипотезе определенность, намного превосходящую устремления ее более ранних защитников, Шез и Ольберса; но произвольные допущения исказили его рассуждения по этому, а также по некоторым другим пунктам.<sup>[110]</sup>

В своем особом направлении как наиболее всеобъемлющего исследователя небесных тел у сэра Уильяма Гершеля был только один законный преемник, и этим преемником был его сын. Джон Фредерик Уильям Гершель родился в Слау 17 марта 1792 года, с отличием окончил колледж Святого Иоанна в Кембридже в 1813 году и начал изучать юриспруденцию с целью быть призванным в коллегия адвокатов. Но его доля в раннем соглашении с Пикоком и Бэббиджем "сделать все возможное, чтобы мир стал мудрее, чем они его нашли", таким образом, не была выполнена. Знакомство с доктором Волластоном определило его научное призвание. Уже в 1816 году мы видим, как он рассматривает некоторые из двойных звезд своего отца; а в 1820 году он завершил создание 18-дюймового зеркала, которое должно было стать главным инструментом его исследований. Вскоре после этого он предпринял совместно с мистером (позже сэром Джеймсом) Саутом серию наблюдений, опубликовав в презентации Королевскому обществу документ<sup>[111]</sup>, содержащий

микрометрические измерения 380 двойных звезд, с помощью которых выводы старшего Гершеля об орбитальном движении были во многих случаях убедительно подтверждены. Например, звезда в Северной Короне ( $\eta$  Coronæ) с момента своего первого открытия совершила более одного полного оборота; другая, т Змееносец, *замкнулась* в кажущееся одиночное целое; в то время как движение третьей, Большой Медведицы, по явно эксцентричной орбите было настолько быстрым, что его можно было отслеживать и измерять из месяца в месяц.

С самого начала было принято считать, что сила, удерживающая двойные звезды на криволинейных траекториях, идентична силе, управляющей вращением планет. Но эта идентичность не была установлена до тех пор, пока Савари из Парижа не показал в 1827 году,<sup>[112]</sup> что движения вышеупомянутой двойной системы в Большой Медведице могут быть представлены со всей достижимой точностью эллипсом, рассчитанным на основе ортодоксальных гравитационных принципов, с периодом 58-1/4 года. Энке в Берлине применил еще более элегантный метод; а сэр Джон Гершель, указав на бесполезность аналитических изысканий там, где данные неизбежно были столь несовершенными, описал в 1832 году графический процесс, с помощью которого "использовались глаз и рука", "чтобы направлять суждение в случае, когда только суждение, а не расчет, могло быть полезным".<sup>[113]</sup> Улучшенные методы того же рода были опубликованы доктором Си в 1893 году,<sup>[114]</sup> и мистером Бернхэмом в 1894 году;<sup>[115]</sup> и наше знакомство с орбитами звезд неуклонно набирает точность, определенность и масштаб.

В 1825 году Гершель предпринял и в последующие восемь лет выполнял с большим усердием общее обследование северного неба, направленное главным образом на подтверждение открытий его отца в области туманностей. Результатом стал каталог из 2 306 туманностей и скоплений, из которых 525 наблюдались впервые, помимо 3 347 двойных звезд, открытых почти случайно.<sup>[116]</sup> "Настоятельно приглашенный", как он говорит нам сам, "особым интересом к предмету и удивительной природой представших объектов", он решил попытаться завершить исследование в южном полушарии. Преследуя эту благородную цель, он погрузил свою семью и инструменты на борт "*Маунт Стюарт Эльфинстон*" и после успешного плавания высадился в Кейптауне 16 января 1834 года. Выбрав местом своих наблюдений сельскую местность под прикрытием Столовой горы, он начал регулярную "зачистку" 5 марта. Место, где был

установлен его великий отражатель, теперь отмечено обелиском, а имя Фельдхаузена стало памятным в истории науки; можно сказать, что четырехлетняя работа, проделанная там, действительно открыла главу в наших знаниях о южном небе.

Полные результаты путешествия Гершеля к мысу не были обнародованы до 1847 года, когда за счет герцога Нортумберлендского был [ГИПЕРССЫЛКА \ "X8737ad4fc9809d49c5eb83e06b0c8e0e7144499" \h\[117\]](https://www.gutenberg.org/files/54452/54452-h/54452-h.htm), в котором они изложены. Они являются продолжением трудов его отца, подобных тем, которые расследования одного человека редко получали от расследований другого. То, что старший наблюдатель сделал для северных небес, младший сделал для южных, и результаты в целом совпадали. Возрождая отцовский метод "измерения звезд", он показал на основе подсчета 2299 полей, что Млечный Путь окружает Солнечную систему как сплошное кольцо из мельчайших звезд; однако не совсем симметрично, поскольку считалось, что солнце расположено несколько ближе к тем частям, которые видны в южном полушарии, которые демонстрируют более яркий блеск и более сложную структуру, чем северные ветви. Уникальные космические скопления, известные как "Магеллановы облака", теперь впервые были подвергнуты детальному, хотя и, по общему признанию, неполному изучению, поскольку почти непостижимое богатство и разнообразие их содержимого было таково, что их изучению можно было бы с большой пользой посвятить всю жизнь. В Большой Нубекуле, в радиусе сорока двух квадратных градусов, Гершель насчитал 278 отдельных туманностей и скоплений, не считая пятидесяти или шестидесяти выбросов и большого количества звезд, перемешанных с рассеянной туманностью - всего 919 внесенных в каталог объектов, а для Меньшего Облака - 244. И все же это была лишь самая заметная часть того, что открывал его двадцатифутовый рост. Такое необычайное скопление столь разнообразных тел привело его к неизбежному выводу, что "нубекулы следует рассматривать как системы *sui generis*, не имеющие аналогов в нашем полушарии".[118] Он отметил также пустоту окружающего пространства, особенно в случае Малой Нубекулы, "доступ к которой со всех сторон, - заметил он, - лежит через пустыню"; как будто космический материал по соседству был сметен и собран в этих могучих группах.[119]

Из южных двойных звезд он обнаружил и провел тщательные

измерения 2102 и описал 1708 туманностей, из которых по меньшей мере 300 были новыми. Список был проиллюстрирован рядом рисунков, некоторые из которых были чрезвычайно красивыми и тщательно проработанными.

Взгляды сэра Джона Гершеля на природу туманностей были значительно изменены успехом лорда Росса в "преобразовании" с помощью своих огромных отражателей скопления этих объектов в звезды. Его прежняя несколько неуверенная вера в существование фосфоресцирующей материи, "рассеянной по обширным областям космоса в виде облака или тумана",<sup>[120]</sup> сменилась убеждением, что невозможно провести достоверное различие между малейшим облачком космического пара, едва различимым в мощный телескоп, и самым ярким и очевидным скоплением. Однако он допускал огромный диапазон возможного разнообразия размеров и способа агрегации звездных составляющих различных туманностей. Некоторые из них могут казаться туманными из-за близости их частей; некоторые из-за их малости. Другие, предположил он, могут быть сформированы из "отдельных светящихся тел, плавающих в несветящейся среде";<sup>[121]</sup> в то время как кольцообразный вид, вероятно, состоял из "полых оболочек звезд".<sup>[122]</sup> То, что физическая, а не просто оптическая связь объединяет туманности с *вышивкой* (так сказать) маленьких звездочек, которыми они во многих случаях обильно украшены, было очевидно для него, как, должно быть, и для всех, кто смотрит так пристально и видит так ясно, как он. Его описания № 2093 в его северном каталоге как "сети или узора туманности, следующих линиям аналогичной сети звезд",<sup>[123]</sup> было бы достаточно, чтобы развеять идею случайного рассеяния; и можно было бы привести много других примеров подобного значения. Удивительно частое появление одной или нескольких мельчайших звезд в непосредственной близости от "планетарных" туманностей привело его к выводу об их зависимом состоянии; и он посоветовал строго следить за признаками циркуляционных движений не только над этими предполагаемыми звездными спутниками, но и над многочисленными "двойными туманностями", в которых, как он указал, "все разновидности двойных звезд по расстоянию, положению и относительной яркости имеют свои аналоги". Более того, он исследовал тему распределения туманностей с помощью простого и эффективного метода графического очерчивания или "составления карт", и ему удалось показать, что, хотя на южном небе преобладает гораздо большая равномерность рассеяния, чем на северном, тем не менее, в созвездиях Рыб и Кита заметно сгущение, примерно соответствующее "области туманностей" в Деве по ее близости (в

пределах 20 ° или 30 °) к противоположному полюсу Млечного Пути. Он пришел к выводу, "что туманная система отличается от звездной, хотя включает в себя последнюю и, возможно, в определенной степени смешана с ней".[124]

Ближе к концу своего пребывания в Фельдхаузене Гершель поспчастливилось стать свидетелем одного из тех странных изменений в облике небесного свода, которые иногда привлекают внимание даже неискушенных людей и вызывают глубочайшее изумление наблюдателя-философа. По-видимому, в туманности Арго находится звезда, получившая название  $\eta$  Киля. Когда Галлей посетил остров Святой Елены в 1677 году, он казался четвертой величиной; но Лакайль в середине следующего столетия и другие после него отнесли его ко второй. В 1827 году путешественник Берчелл, находясь в то время в Сент—Поле, недалеко от Рио-Жанейро, заметил, что оно неожиданно приобрело первый ранг - обстоятельство, тем более удивительное для него, потому что он часто, находясь в Африке в 1811-1815 годах, отмечал его только четвертой величины. Это наблюдение, однако, стало широко известно лишь позже. Гершель по прибытии в Фельдхаузен зарегистрировал звезду как вторую по яркости и не подозревал о ее необычном характере до 16 декабря 1837 года, когда внезапно почувствовал, что ее свет увеличился почти втрое. Затем он намного затмил Ригель в созвездии Ориона, а 2 января следующего за ним почти сравнялся с  $\alpha$  Центавра. С этой даты она пошла на убыль; но второй и еще более яркий максимум пришелся на апрель 1843 года, когда Маклир, тогдашний директор Кейпской обсерватории, увидел, как она вспыхнула с блеском, приближающимся к блеску Сириуса. Его подъемы и угасания были отмечены любопытными "колебаниями" яркости, чрезвычайно запутывающими теорию. В 1863 году она опустилась ниже пятой звездной величины, а в 1869 году была едва видна невооруженным глазом; однако только восемнадцать лет спустя она достигла минимальной величины 7 · 6. Вскоре после этого началось восстановление яркости, но не слишком далеко; и теперь звезда светит стабильно седьмой величины, ее красноватый свет эффектно контрастирует с серебристыми лучами окружающей туманности. Попытка включить ее колебания в семидесятилетний цикл[125] явно провалилась; масштабы и характер превратностей, которым она подвержена, делают ее скорее своего рода связующим звеном между периодическими и временными звездами.[126]

Среди многочисленных тем, которые привлекли внимание Гершеля на Мысе Кейп, была тема относительной яркости звезд.

Сконструировав "астрометр", в котором эталоном сравнения служила "искусственная звезда", образованная за счет полного отражения лунного света от основания призмы, он смог оценить блеск *естественных* звезд, исследованных по расстояниям, на которых искусственный объект казался равным соответственно каждой из них. Таким образом, он составил таблицу из 191 главной звезды,[127] как в северном, так и в южном полушариях, указав числовые значения их видимой яркости относительно яркости  $\alpha$  Центавра, которую он выбрал в качестве единицы измерения. Кроме того, он обнаружил, что свет полной луны превышает свет его стандартной звезды в 27 408 раз, а доктор Волластон показал, что свет полной луны равен свету Солнца 1: 801 072[128] (Зеллнер рассчитал соотношение 1: 618,000), стало возможным сравнить звездное и солнечное сияние. . Отсюда было получено, в случае с несколькими звездами на установленных расстояниях, представление о реальном блеске. Альфа Центавра, например, излучает меньше чем в два раза, Капелла в сто раз больше света, чем наше солнце; в то время как Арктур, находясь на огромном расстоянии, должен продемонстрировать величие 1300 таких светил.

Гершель вернулся в Англию весной 1838 года, привезя с собой такое количество наблюдений и открытий, каких, возможно, никогда прежде не было накоплено за столь короткое время. Его ждали заслуженные почести. По случаю коронации королевы ему присвоили звание баронета (в 1831 году он был посвящен в рыцари); университеты и ученые общества наперебой осыпали его почестями; а успех предприятия, в котором научное рвение было приправлено привлекательным привкусом авантюрной романтики, справедливо считался предметом национальной гордости. Его карьера астронома-наблюдателя теперь фактически завершилась, и он посвящал свой досуг сбору и расстановке многочисленных трофеев, полученных в результате деятельности его отца и его собственной. Полученный в результате большой каталог 5079 туманностей (включая все, несомненно, известные на тот момент), опубликованный в "*Philosophical Transactions*" за 1864 год, является и, вероятно, надолго останется фундаментальным источником информации по этому предмету; [129] но он, к сожалению, не дожил до завершения сопутствующей работы по двойным звездам, для которой у него был накоплен обширный материал.[130] Он умер в Коллингвуде в графстве Кент 11 мая 1871 года на восьмидесятом году жизни и был похоронен в Вестминстерском аббатстве, рядом с могилой сэра Исаака Ньютона.

Рассмотрение наблюдений сэра Джона Гершеля за мысом подводит нас к завершению периода, которым мы как раз сейчас занимаемся. Они были даны миру, как уже говорилось, за три года до середины века и точно отражают состояние науки о звездах на тот момент. Оглядываясь назад на пройденные пятьдесят лет, мы можем с первого взгляда увидеть, насколько велик был шаг, достигнутый за этот промежуток. Значительно расширилось не только знакомство с отдельными элементами космоса, но и началось успешное изучение их взаимных связей, законов, управляющих их движением, расстояний от земли, масс и внутреннего блеска. *Начало бы ть*; ибо только в отношении едва заметного меньшинства были сделаны хотя бы приблизительные выводы. Тем не менее весь прогресс будущего лежал в этом начале; это был тонкий конец клина точного знания. Принцип измерения был заменен принципом вероятности; база была найдена достаточно обширной и прочной, чтобы на ее основе можно было проводить вычисления, восходящие к звездным небесам; и были введены усовершенствования, плодотворные по исполнению, но еще более многообещающие. Таким образом, в то время значение имел скорее вид, чем количество собранной информации — скорее используемые методы, чем фактически достигнутые результаты, придали первой половине девятнадцатого века эпохальное значение в истории наших знаний о звездах.

## СНОСКИ:

[58] Бессель, *Популярная литература*, стр. 6, 408.

[59] Установлен на старом транзитном инструменте, 11 июля 1772г.

[60] *Краткий обзор института Ольберса*, стр. xvi.

[61] Р. Вольф, *Геск. der Astron.*, p. 518.

[62] Бессель, *Поп. Vorl.*, p. 22.

[63] Новое сокращение наблюдений, на которых они были основаны, было предпринято в 1896 году Германом С. Дэвисом из Береговой службы США.

[64] Бессель, *Поп. Vorl.*, p. 440.

[65] Дюреж, *"Жизнь и мир Бесселя"*, стр. 28.

[66] *Bonner Beobachtungen*, Bd. iii.-v., 1859-62.



[67] Бессель, *Поп. Vorl.*, p. 238.

[68] Головки винтов, применяемых для перемещения половинок предметного стекла в кенигсбергском гелиометре, имеют настолько значительный размер, что тысячная доля оборота, эквивалентная  $1/20$  угловой секунды, может быть измерена с предельной точностью. Main, *Воспоминания R. A. S.*, том xii., стр. 53.

[69] *Астрономическая школа Палермо*, lib. vi., стр. 10, примечание.

[70] *Monatliche Correspondenz*, vol. xxvi., с. 162.

[71] *Astronomische Nachrichten*, Nos. 365-366. Следует пояснить, что то, что называется "годовым параллаксом" звезды, составляет лишь половину ее видимого смещения. Другими словами, это угол, уменьшенный на расстоянии от этой конкретной звезды на радиус земной орбиты.

[72] *Astr. Nach.*, Nos. 401-402.

[73] Измерения сэра Р. Болла в Дансинке дали 61 Лебедю параллакс  $0.47''$ ; профессор Притчард с помощью фотографических определений получил параллакс  $0.43''$ .

[74] *Дополнение в Mensuras Micrometricas*, стр. 28.

[75] Исправленный результат Элькина (в 1897 году) для параллакса Веги равен  $0.082''$ .

[76] *Mem. Roy. Astr. Soc.*, том xi., стр. 61.

[77], который пронумерован 21 185 в *Hist. Cel.* Лаланда, по мнению Аргеландера, имеет собственное движение  $4.734''$ , а Виннеке - параллакс  $0.511''$ . *Месяц. Нет.*, том. xviii., стр. 289.

[78] *Фонд. Астр.*, стр. 309.

[79] *Память. Prés. à l'Ac. de St. Pétersb.*, t. iii.

[80] *Фил. Пер.*, том. cxxxvii., стр. 79.

[81] *Mem. Roy. Astr. Soc.*, тома. xxviii. и xxxii.

[82] *Там же.*, том. xlvii., стр. 327.

[83] *Воспоминания о Сент-Петербург-Бурге*, т. xxxv., № 3, 1887; исправлено в *Astr. Nach.*, Nos. 3,729-30, 1901.



- [84] *Астрономический журнал*, № 213, 501.
- [85] *Astr. Nach.*, Nos. 2,999, 3,000.
- [86] *Вероффентлихунген дер Грош. Sternwarte zu Karlsruhe*, Bd. iv., 1892.
- [87] *Труды Амстердамской академии наук. наук*, 27 января 1900 г.
- [88] *Astr. Журнал.*, № 457.
- [89] *Ibid.*, Nos. 276, 497.
- [90] *Фил. Пер.*, т. xcvi., с. 230.
- [91] *Память. Prés. à l'Ac. de St. Petersburg*, т. iii., стр. 603 (прочитано 5 февраля 1837 г.).
- [92] *Умри в Центре, Astr. Nach.*, Nos. 566-567, 1846.
- [93] Сэр Дж. Гершель, примечание к "*Тракта ту по астрономии*" и *филос. Пер.*, том. cxiii., часть ii., стр. 502.
- [94] Гершель, *Очерки астрономии*, стр. 631, 10-е изд.) находится за пределами разумной вероятности из-за своей удаленности (полных 26 °) от плоскости галактики.
- [95] Мэдлер в книге *Вестерманна "Jahrbuch"*, 1867, стр. 615.
- [96] Письмо Бесселя сэру Дж. Гершелю, *месяц. Не.*, том vi., стр. 139.
- [97] *Вольф, г. д. Астр.*, стр. 743, примечание.
- [98] *Astr. Nach.*, Nos. 745-748.
- [99] *Astr. Журнал.*, № 440.
- [100] Принятие пересмотренного параллакса Элкина для Проциона равным 0.325'.
- [101] *Astr. Nach.*, Nos. 1371-1373.
- [102] *Двойник*, Берихт, 1827, стр. 22.
- [103] *Двойник*, Берихт, 1827, стр. 25.
- [104] *Mensuræ Micr.*, стр. xcix.
- [105] *Stellarum Fixarum imprimis Duplicium et Multiplicum Positiones Mediae*, стр. cxh., cciii.

[106] Например, южные звезды, 36А Змееносца (сама двойная) и 30 Скорпиона, которые находятся на расстоянии 12' 10 дюймов друг от друга. *Там же.*, стр. ссiii.

[107] *Stellarum Fixarum*и др., стр. ccliii.

[108] *Этюды Звездной астрономии*, 1847, стр. 82.

[109] *Там же.*, стр. 86.

[110] Смотрите критику Энке в *Astr. Nach.*, No. 622.

[111] *Фил. Пер.*, том. схiv., часть iii., 1824.

[112] *Conn. d. Temps.*

[113] *R. A. S. Met.*, том v., стр. 178, 1833.

[114] *Астрофизика*, том xii., стр. 581.

[115] *Популярное издание*, том i, стр. 243.

[116] *Фил. Пер.*, вып. схxiii., и *Резуль т а т ы* т.д., Введение.

[117] *Резуль т а т ы астрономических наблюдений, сделанных в 1834-8 годах на мысе Доброй Надежды.*

[118] *Резуль т а т ы* др., стр. 147.

[119] См. "*Вселенную звезд*"Проктора, стр. 92.

[120] *Трак т а т по астрономии*, 1833, стр. 406.

[121] *Резуль т а т ы* т.д., стр. 139.

[122] *Там же.*, стр. 24, 142.

[123] *Фил. Пер.*, том. схxiii., стр. 503.

[124] *Резуль т а т ы* т.д., стр. 136.

[125] Лумис, *Месяц. Не.*, том ххix., стр. 298.

[126] Смотрите авторскую *сис те му звезд*, стр. 116-120.

[127] *Очер т а н и я Ас т р.*, Приложение I.

[128] *Фил. Пер.*, том. схix., стр. 27.

[129] Новый общий каталог доктора Дрейера, изданный в 1888 году под названием vol. xlix. из *мемуаров* Королевского астрономического общества является продолжением работы

Гершеля. Он включает 7 840 записей и был дополнен в 1895 году "Индексным каталогом" из 1529 туманностей, открытых с 1888 по 1894 год. *Memory. R. A. S.*, vol. li.

[130] Им был составлен список из 10 320 составных звезд в порядке прямого восхождения, и он был опубликован в томе xI *Mem. R. A. S.*; но данных, необходимых для их формирования в каталог, получено не было. См. *Предисловие* Мейна и Притчарда к вышеприведенному, а также *заме т ки о некрологах* Данкина, стр. 73.

## ГЛАВА III

### ПРОГРЕСС ЗНАНИЙ О СОЛНЦЕ

Открытие солнечных пятен Фабрицием и Галилеем в 1610 году впервые открыло путь к исследованию строения солнца; но прошло много времени, прежде чем по этому пути стали следовать систематически или с пользой. Кажущаяся неправильность явлений препятствовала постоянному вниманию; случайные наблюдения были положены в основу произвольных догадок, а реальные знания практически не увеличились. В 1620 году мы находим Жана Тарда, каноника Сарлата, утверждающего, что, поскольку солнце - это "око мира", а око миране *может страдать оф тальмией*, следовательно, рассматриваемые явления должны быть вызваны не реальными пятнами на ярком солнечном диске, а прохождением через него ряда малых планет! Этой новой группе небесных тел он дал название "Borbonia Sidera", и в 1633 году они были заявлены для Дома Габсбургов под названием "Austriaca Sidera" отцом Малапертиусом, бельгийским иезуитом.<sup>[131]</sup> Подобной точки зрения в отношении Галилея временно придерживался справедливо прославленный отец Шайнер из Ингольштадта, а позже Уильям Гаскойн, изобретатель микрометра; но большинство тех, кто вообще был способен размышлять на подобные темы (а их было немного), придерживались либо *теории облаков*, либо *теории шлаков* солнечных пятен. Первое отстаивал Галилей, второе - Симон Мариус, "астроном и врач" братьев маркграфов Бранденбургских. Последнее мнение получило дальнейшее заметное развитие благодаря тому факту, что в 1618 году, примечательном появлением трех ярких комет, на солнце почти не было пятен; отсюда был сделан вывод, что зола, оставшаяся после великого солнечного пожара, которая обычно появлялась в виде темных пятен на его поверхности, иногда выбрасывалась в виде комет, оставляя солнце, похожее на погасшую свечу, вспыхивать с новой яркостью.<sup>[132]</sup>

В следующем столетии Дерхэм из наблюдений, проведенных в 1703-11 годах, сделал вывод, "Что пятна на солнце вызваны извержением какого-то нового вулкана, который сначала выбрасывает огромное количество дыма и другого непрозрачного вещества, вызывающего появление пятен; и по мере того, как это фулигинозное вещество разлагается и расходует себя, и вулкан, наконец, становится более раскаленным и пылающим, поэтому

пятна распадаются и разрастаются до тени и, наконец, до факул".  
[133]

Точка зрения, уверенно поддерживаемая Лаландом,[134], что пятна представляют собой скалистые возвышенности, обнаженные случайным отливом светящегося океана, а окружающая полутень представляет собой отмели или песчаные отмели, имела еще меньше оснований для подтверждения, чем вулканическая теория Дерхэма. Однако и то, и другое имело большое значение для растущей тенденции сводить солнечные явления к земным аналогиям.

Таким образом, в течение 164 лет, после того как Галилей впервые направил свой телескоп на заходящее солнце, почти ничего не было известно о его природе; и немедленно установленные факты о его вращении вокруг оси, почти перпендикулярной плоскости эклиптики, за период от двадцати пяти до двадцати шести дней и о фактическом ограничении пятен так называемой "королевской" зоной, простирающейся примерно на тридцать градусов к северу и югу от солнечного экватора, мало что изменили ни в точности, ни в развитии за пять поколений астрономов.

Но в ноябре 1769 года пятно необычайных размеров привлекло внимание Александра Уилсона, профессора астрономии в Университете Глазго. Он наблюдал за этим изо дня в день, и с благой целью. По мере того как большой шар медленно вращался, приближая пятно к своему западному краю, он был поражен постепенным сужением и окончательным исчезновением полутени *на стороне, следующей за центром диска*; и когда 6 декабря то же самое пятно вновь появилось на восточной оконечности, он заметил, как и ожидал, что теневая зона теперь была недостаточной *на противоположной стороне*, и восстановила свою первоначальную полноту, вернувшись в центральное положение. В других местах, впоследствии исследованных им, были видны аналогичные эффекты перспективы, и в 1774 году он доказал,[135] путем строгих геометрических рассуждений, что они могли возникнуть только при обширных фотосферных раскопках. На самом деле, это был не первый раз, когда высказывалась такая точка зрения. Более поздние наблюдения отца Шайнера явно предвещали это:[136] гипотеза о том же эффекте была выдвинута Леонардом Ростом из Нюрнберга в начале восемнадцатого века:[137] как Лахиrom в 1703 году, так и Дж. Кассини в 1719 году пятна рассматривались как зарубки на солнечной ветви; в то время как в 1770 году пастор

Шулен из Эссингена, на основе тщательного изучения явлений, подобных тем, что были отмечены Уилсоном, пришел к выводу об их депрессивной природе.[138] Современные наблюдения, тем не менее, доказывают, что эти явления ни в коем случае не присутствуют повсеместно.

Общая теория солнца Уилсона была откровенно предварительной. Она приняла скромную форму опроса. "Разве не разумно думать, - спрашивает он, - что огромное и колоссальное тело Солнца состоит из двух видов материи, очень разных по своим качествам; что гораздо большая его часть плотная и темная и что этот огромный и темный шар покрыт тонким слоем того блистательного вещества, из которого солнце, по-видимому, черпает все свое живительное тепло и энергию?"[139] Далее он предполагает, что углубления или пятна могут быть вызваны "действием какого-то эластичного пара, который образуется внутри темного шара", и что светящееся вещество, будучи в некоторой степени жидким и находясь под действием силы тяжести, имеет тенденцию стекать вниз и покрывать ядро. Основываясь на этих намеках, дополненных его собственными тщательными наблюдениями и мудрыми рассуждениями, Гершель разработал схему строения Солнца, которая сохраняла свои позиции до тех пор, пока спектроскоп не произвел революцию в физике Солнца.

Холодный, темный, твердый земной шар, поверхность которого усеяна горами и долинами, покрыта буйной растительностью и "изобилует обитателями", защищен тяжелым облачным пологом от невыносимого сияния верхней светящейся области, где ослепительные вспышки солнечного сияния на глубине нескольких тысяч миль выделяют запасы света и тепла, оживляющие наш мир, - таково было центральное светило, которое Гершель сконструировал со своей незаурядной изобретательностью и описал со своим незаурядным красноречием.

"Такой способ рассмотрения Солнца и его атмосферы", - говорит он,[140] "устраняет большое различие, которое мы до сих пор использовали для обнаружения между его состоянием и состоянием остальных крупных тел солнечной системы. Солнце, рассматриваемое в этом свете, кажется не чем иным, как очень выдающейся, большой и светлой планетой, очевидно, первой или, строго говоря, единственной первичной планетой нашей системы; все остальные действительно вторичны по отношению к ней. Его сходство с другими глобусами Солнечной системы в отношении

его плотности, атмосферы и разнообразной поверхности, вращения вокруг своей оси и падения тяжелых тел приводит нас к предположению, что он, скорее всего, также населен, как и остальные планеты, существами, органы которых приспособлены к особым условиям этого огромного шара".

Мы улыбаемся выводам, которые наши нынешние знания осуждают как экстравагантные и невозможные, но такие случайные полеты фантазии никоим образом не умаляют высокой ценности вклада Гершеля в науку о солнечной Системе. Облачный характер, который он приписывал сияющей оболочке солнца (впервые названной Шретером "фотосферой"), подтверждается всеми недавними исследованиями; он наблюдал ее пятнистый или гофрированный вид, напоминающий, по его описанию, шероховатость кожуры апельсина; показал, что "фасулы" представляют собой возвышения или нагроможденные гребни возмущенного вещества фотосферы; и отбросил идею о том, что пятна могут возникать из-за избытка обычного светового излучения. Он предположил (во многом так же, как это сделал Уилсон), что определенный "небесный" газ образовался в теле Солнца и, поднимаясь повсюду из-за своей легкости, образовал в умеренных количествах небольшие отверстия или "поры",<sup>[141]</sup> которые в изобилии видны в виде темных точек на солнечном диске. Но если образуется необычное количество, "оно, - утверждал он, - прорвется через планетарную"<sup>[142]</sup> в облачных областях образуются большие просветы; затем, распространяясь над ними, оно вызовет большие просветы (полутень), а затем, постепенно смешиваясь с другими превосходящими газами, оно будет способствовать увеличению общего светового явления и способствовать его поддержанию".<sup>[143]</sup>

Это частичное предвосхищение современного представления о том, что солнечное излучение поддерживается каким-то процессом циркуляции внутри солнечной массы, было достигнуто Гершелем в результате длительного изучения рассматриваемых явлений. Однако новую и важную идею, содержащуюся в нем, в то время было преждевременно пытаться развивать. Но хотя многие из более тонких идей гения Гершеля остались незамеченными его современниками, главный результат его солнечных исследований был безошибочным. Это было не что иное, как окончательное введение в астрономию парадоксальной концепции центрального огня и очага нашей системы как холодной, темной земной массы, окутанной мантией безвредного сияния — земли, так сказать, внутри — солнца снаружи.

Давайте остановимся на мгновение, чтобы оценить ценность этого замечательного нововведения. Это, безусловно, не было шагом в направлении истины. Напротив, грубые представления Анаксагора и Ксено больше подходили к тому, что мы теперь знаем о солнце, чем сложная структура, созданная для счастья более благородной расы существ, чем наша, благодаря великодушию астрономов восемнадцатого века. И все же это, несомненно, представляло собой очень важный шаг вперед в науке. Это была первая серьезная попытка подвести солнечные явления под рамки рациональной системы; собрать воедино установленные факты; короче говоря, создать солнечную машину, которая каким-то образом работала бы. Это правда, что материалы были неадекватными, а конструкция - ошибочной. Получившаяся конструкция оказалась недостаточно прочной, чтобы выдержать износ времени и открытий, ее пришлось разобрать на части и реконструировать по совершенно другому плану. Таким образом, работа была проделана не напрасно. Ни один из афоризмов Бэкона не демонстрирует более ясного понимания отношений между человеческим разумом и внешним миром, чем тот, который провозглашает, что "Истина скорее возникает из ошибки, чем из путаницы".<sup>[144]</sup> Определенная теория (даже если она ложная) дает опору для размышлений. Факты приобретают значение по отношению к нему. Это дает мотив для их накопления и средство их координации; это обеспечивает основу для их расположения и вместилище для их сохранения до тех пор, пока они не станут слишком сильными и многочисленными, чтобы их можно было больше включать в произвольные рамки, и не разрушат сосуд, изначально созданный для их содержания.

Такова была цель, которой служила теория солнца Гершеля. Это помогло *проясни ть* идеи по этому вопросу. Смутное ощущение ощупывания и невидимого невежества уступило место ясности возможной схемы. Убеждение в знании является сильным стимулом для его увеличения. Мало кто из людей хочет исследовать то, в чем они вынуждены признать себя совершенно несведущими; но однажды вступив на путь знания, реального или предполагаемого, они горят желанием следовать по нему. Соответственно, распространение уверенного и последовательного взгляда на природу солнца поощряло исследования, потому что они вселяли надежду, и исследователям указывали путь, ведущий бесконечно вперед, там, где раньше, казалось, путь преграждала непроходимая чаща.

Мы называли "земную" теорию природы солнца инновацией, и



поэтому, насколько это касается ее общего признания, ее можно справедливо назвать; но, как и все успешные инновации, она назревала долгое время. Чрезвычайно любопытно обнаружить, что у Гершеля был предшественник в его пропаганде, который никогда не смотрел в телескоп (и, более того, не представлял себе возможности такого инструмента), который ничего не знал о солнечных пятнах, все еще находился (несмотря на ошибочные утверждения об обратном) в плену геоцентрической системы и рассматривал природу с высокой точки зрения идеалистической философии. Это был ученый и просвещенный кардинал Куза, сын рыбака с берегов Мозеля, чья выдающаяся карьера в Церкви и литературе длилась значительную часть пятнадцатого века (1401-1464). В его уникальном трактате *"О док те невежества"*, одном из самых выдающихся литературных памятников раннего Возрождения, встречается следующий отрывок: "Для наблюдателя с поверхности солнца великолепие, которое предстает перед нами, было бы невидимым, поскольку оно содержит, так сказать, землю в качестве своей центральной массы с окружающей оболочкой из света и тепла, а между ними - атмосферу из воды, облаков и полупрозрачного воздуха". Едва ли можно было изобразить светило фантазии Гершеля более четко; однако некоторые добавленные слова выдают происхождение идеи Кардинала. "Земля также, - говорит он, - показалась бы сияющей звездой любому человеку вне огненной стихии". Фактически, это было распространение древней элементарной доктрины на солнце; но распространение, замечательное в тот период, как предвестие тенденции, столь мощно развитой последующими открытиями, уподобить небесные сферы модели нашей незначительной планеты и распространить братство нашей системы и нашего вида до самых дальних пределов видимой или мыслимой вселенной.

В более поздние времена мы находим, что Флемстид 7 марта 1681 года сообщал Ньютону свое мнение, "что субстанция солнца - это земная материя, его свет, но жидкий менструум, окружающий его".<sup>[145]</sup> Боде в 1776 году независимо пришел к выводу, что "солнце не горит и не светится, но по своей сути является темным планетарным телом, состоящим, подобно нашей земле, из суши". и вода, разнообразная горами и долинами и окутанная парообразной атмосферой";<sup>[146]</sup> и ученые в целом аплодировали и соглашались. Однако в 1787 году эта точка зрения была еще настолько далека от популярности, что ее придерживались как доказательства невменяемости доктора Эллиота, обвиняемого в жестоком нападении на мисс Бойделл. Его друг доктор Симмонс заявил от его имени, что в январе прошлого года он получил от

него письмо, свидетельствующее о психическом расстройстве, в котором он утверждал, "что солнце - это не огненное тело, как предполагалось до сих пор, но что его свет исходит от плотного и универсального полярного сияния, которое может давать достаточно света обитателям поверхности внизу, и в то же время находиться на таком расстоянии вверху, чтобы не беспокоить их. По его словам, не возникает никаких возражений против того, чтобы это великое светило было обитаемо; растительность может расти там так же хорошо, как и у нас. Там могут быть вода и суша, холмы и долины, дождь и ясная погода; а поскольку свет, то и время года должно быть вечным, следовательно, его легко можно считать самым блаженным местом обитания во всей системе! " Докладчик, тем не менее, возразил, что если бы экстравагантная гипотеза была выдвинута в качестве доказательства неувядаемости, то то же самое могло бы быть справедливо и в отношении некоторых других спекулянтов, и попросил доктора Симмонса высказать суду, что он думает о теориях Бернета и Буффона.[147]

Восемь лет спустя эта же "экстравагантная гипотеза", подкрепленная убедительной рекомендацией сэра Уильяма Гершеля, получила допуск в почтенные залы науки, где оставалась нетронутой почти семь десятилетий. Отдельные возражавшие, это правда, добивались того, чтобы их услышали, но их аргументы мало повлияли на общее мнение. Потребовались более грубые удары, чтобы разрушить гипотезу, льстившую человеческой гордости за изобретательность своей полнотой, правдоподобными деталями наблюдений, которыми она, казалось, подкреплялась, и снисходительностью к естественному удовольствию обнаруживать сходство во всем, кроме полного непохожести.

Сэр Джон Гершель включил в число результатов своих разнообразных работ на мысе Доброй Надежды тщательное изучение солнечных пятен, отчетливо видимых в конце 1836 года и в начале 1837 года. Они были замечательны, по его словам, своими формами и расположением, а также количеством и размером; одна группа, измеренная 29 мартав прошлом году, охватывала (за исключением того, что можно назвать ее отдаленными территориями) огромную площадь в пять квадратных минут, или 3780 миллионов квадратных миль.[148] Однако в настоящее время нам предстоит рассмотреть не столько эти наблюдения сами по себе, сколько цепочку теоретических предположений, с помощью которых они были связаны. Было указано, что распределение пятен в двух зонах, параллельных

экватору, ясно показывает их тесную связь с вращением Солнца и указывает в качестве их причины на циркуляцию жидкости, аналогичную тем, которые создают земные пассаты и противотранспортные ветры.

"При таком взгляде на предмет пятна, - продолжал он,<sup>[149]</sup> "будут приравнены к тем регионам на поверхности Земли, где в настоящее время преобладают ураганы и торнадо; верхний слой временно смещается вниз, вытесняя своим импульсом два слоя светящейся материи внизу, верхний из которых состоит из курс в большей степени, чем нижний, и, таким образом, полностью или частично обнажает непрозрачную поверхность солнца внизу. Такие процессы не могут не сопровождаться вихревыми движениями, которые, предоставленные самим себе, постепенно затухают и рассеиваются, с той особенностью, что их нижние части останавливаются быстрее, чем верхние, по причине большего сопротивления внизу, а также удаленности от точки воздействия, которая находится в более высокой области, так что их центры (как видно на наших смерчах, которые представляют собой не что иное, как маленькие торнадо), по-видимому, отступают вверх. Теперь это полностью согласуется с тем, что наблюдается во время стирания солнечных пятен, которые кажутся как бы заполненными из-за обрушения их сторон, полутьнь приближается к пятну и исчезает за ним".

Но когда возникает вопрос, можно ли найти причину, благодаря которой могло бы возникнуть изменение солнечной температуры, соответствующее той, которая приводит в движение потоки земной атмосферы, мы вынуждены ответить, что нам неизвестна такая причина. Ибо гипотеза сэра Джона Гершеля о повышенном удержании тепла на экваторе солнца из-за слегка сфероидальной или выпуклой формы его внешней атмосферной оболочки, несомненно, не дает достаточного объяснения таким циркуляционным движениям, которые, как он предполагал, существуют. Тем не менее, точка зрения о том, что вращение солнца тесно связано с образованием пятен, настолько очевидно верна, что мы можем только удивляться, что об этом не подумали раньше, хотя мы даже сейчас не можем с какой-либо уверенностью объяснить, как это связано.

Однако простое изучение поверхности Солнца - не единственное средство наблюдения за солнцем. У нас есть спутник, и этот спутник время от времени действует как нельзя кстати в качестве экрана, отсекая часть или все те ослепительные лучи, которыми главный шар нашей системы прикрывается от чрезмерно

любопытных взглядов. Важность затмений для изучения солнечного окружения была признана сравнительно недавно; тем не менее, многое из того, что мы знаем о них, было, так сказать, захвачено врасплох благосклонностью Луны. В прежние времена единственным астрономическим применением таких происшествий была коррекция общепринятых теорий движения Солнца и Луны; точное время их возникновения было главным фактом, который следовало отметить, а второстепенным явлениям уделялось лишь поверхностное внимание. Теперь их значение как геометрической проверки точности таблиц полностью затмевается интересом, проявляемым к физическим наблюдениям, для которых они предоставляют благоприятные возможности. Можно сказать, что это изменение в его ярко выраженной форме датируется великим затмением 1842 года. Хотя это необходимое следствие общего направления научного прогресса, оно по-прежнему особым образом ассоциируется с именем Фрэнсиса Бейли.

"Философ из Ньюбери" по профессии был лондонским биржевым маклером, причем весьма успешным. Тем не менее, его заслуги перед наукой были многочисленными и бесценными, хотя и не из тех блестящих, которые привлекают всеобщее внимание. Родившийся в Ньюбери в Беркшире 28 апреля 1774 года и переехавший в этот город в возрасте четырнадцати лет, он унаследовал от знакомого доктора Пристли любовь к науке, которая впоследствии никогда его не покидала. Однако это была не страсть, вспыхивающая в мозгу обреченного первооткрывателя, а контролируемая склонность, хорошо укладывающаяся в рамки активно проводимой коммерческой карьеры. Попутешествовав год или два по тогдашним дебрям Северной Америки, он в 1799 году поступил на Фондовую биржу и за двадцать четыре года усердного ведения дел заслужил высокую репутацию честного и способного человека, чему соответствовало солидное состояние. Тем временем было основано Астрономическое общество (в основном благодаря его сотрудничеству); он в течение трех лет исполнял обязанности его секретаря и теперь чувствовал себя вправе посвятить себя исключительно предмету, который долгое время занимал его часы досуга. Соответственно, в 1825 году он отошел от бизнеса, купил дом на Тависток-Плейс и оборудовал там небольшую обсерваторию. Однако он предпочитал работать вычислителем, а не наблюдателем. То, что сэр Джон Гершель называет "археологией практической астрономии", нашло в нем особенно ревностного ученика. Он заново отредактировал звездные каталоги Птолемея, Улугбека, Тихо Браге, Гевелия, Галлея,

Флемстида, Лакайля и Майера; рассчитал затмение Фалеса и затмение Агафокла и восстановил память первого королевского астронома. Но он был не менее активен в удовлетворении нынешних потребностей, чем в пересмотре прошлых выступлений. Таким образом, тема сокращения наблюдений, как мы уже объясняли,<sup>[150]</sup> в состоянии прискорбной путаницы привлекла его самое серьезное внимание, и он был близок к следу Бесселя, когда познакомился с методом упрощения, разработанным в Кенигсберге. Ожидаемый как изобретатель, он все еще мог принести выдающуюся пользу как пропагандист этих ценных усовершенствований; и, внедрив их в больших масштабах в звездный каталог Астрономического общества (опубликованный в 1827 году), "он предоставил" (по словам Гершеля) "астрономическому миру силу, о которой можно без преувеличения сказать, что она изменила лицо звездной астрономии".<sup>[151]</sup>

Его репутация еще больше укрепилась благодаря тому, что он обновил, значительно усовершенствовав аппаратуру, метод, впервые использованный Генри Кавендишем в 1797-98 годах, для определения плотности земли. На основании серии не менее 2153 тонких и сложных экспериментов, проведенных на Тависток-Плейс в 1838-42 годах, он пришел к выводу, что наша планета весит 5·66 г. Столько же, сколько шар с водой того же объема; и этот слегка скорректированный результат до сих пор принимается как очень близкое приближение к истине.

То, на что мы таким образом взглянули, является лишь фрагментом поистине удивительной массы работы, проделанной Бейли в течение разнообразно занятой жизни. Редкое сочетание качеств подходило ему для выполнения поставленной задачи. Неизменное здоровье, непоколебимая невозмутимость, методичные привычки, сила направленной и последовательной мысли - все это в сочетании сформировало в нем интеллектуального работника самого надежного, хотя, возможно, и не самого высокого качества. Он был в упряжке почти до конца. Ему едва ли суждено было познать страдания вынужденного безделья или сознательного упадка сил. В 1842 году он завершил трудоемкое сокращение большого каталога Лаланда, предпринятое по просьбе Британской ассоциации, и все еще был занят просмотром его в прессе, когда на него напало то, что оказалось его последней, поскольку, вероятно, это была его первая серьезная болезнь. Он, однако, поправился достаточно, чтобы присутствовать на Оксфордских торжествах 2 июля 1844 года, где ему была присвоена почетная степень доктора

философии в компании с Эйри и Струве; но после этого усилия быстро ослабли, и он умер 30 августа следующего года в возрасте семидесяти лет, оплакиваемый и почитаемый всеми, кто его знал.

Теперь пришло время рассмотреть его вклад в продвижение исследований солнечной системы. Солнечные затмения, как древние, так и современные, были его специальностью, и ему повезло в тех, которые попали под его наблюдение. Такие явления бывают трех видов — частичные, кольцевые и полные. При частичном затмении луна, вместо того чтобы проходить прямо между нами и солнцем, проскальзывает как бы немного сбоку, таким образом отрезая от нашего взора лишь часть своей поверхности. Кольцевое затмение, с другой стороны, происходит, когда луна действительно находится в центре, но не достигает видимого размера, необходимого для полного сокрытия солнечного диска, который, следовательно, остается видимым как яркое кольцо, даже когда затемнение достигает своего пика. Напротив, при полном затмении солнце полностью скрывается за темным телом Луны. Разница между двумя последними разновидностями обусловлена тем фактом, что видимые диаметры солнца и Луны настолько почти равны, что поочередно приобретают преобладание друг над другом из-за небольших периодических изменений их соответствующих расстояний от земли.

Итак, 15 мая 1836 года кольцевое затмение было видно в северных частях Великобритании, и Бейли наблюдал его в Инч Бонни, недалеко от Джедбурга. Именно здесь он увидел явление, получившее название "Бусы Бейли" из-за дурной славы, которую ему принесло его яркое описание.

"Когда острия солнца, - пишет он, - разошлись примерно на  $40^\circ$ , вокруг той части окружности луны, которая вот-вот должна была войти в солнечный диск, *внезапно* сформировался ряд светлых точек, похожих на нитку ярких бусин, неправильных по размеру и расстоянию друг от друга. Его образование, действительно, было настолько быстрым, что создавалось впечатление, что оно было вызвано воспламенением тонкого слоя пороха. Наконец, когда луна продолжила свой путь, темные промежуточные пространства (которые при своем возникновении имели вид лунных гор с высоким рельефом и которые все еще оставались прикрепленными к границе солнца) вытянулись в длинные, черные, толстые, параллельные линии, соединяющие конечности солнца и Луны; как вдруг они *внезапно* расступились, и окружность солнца и Луны в этих точках, как и в остальных, стала

сравнительно гладкой и круглой, а луна заметно продвинулась по лику солнца ".[152]

Эти любопытные явления не были абсолютной новинкой. Вебер в 1791 году и фон Зак в 1820 году видели "бусы"; Ван Свинден описал "пояса" или "нити".[153] Более того, эти последние были (как ясно заметил Бейли) полностью аналогичны "черной связке", которая образовывала столь неприятную особенность при транзитах Венеры в 1764 и 1769 годах и которая, к сожалению и замешательству, хотя уже и не удивляла наблюдателей, возобновилась в 1874 году. Это явление в значительной степени является результатом так называемого *облучения*, при котором яркий объект, кажется, вторгается в темный; но при хороших атмосферных и инструментальных условиях он становится незаметным. "Бусинки" всегда должны появляться, когда проектируемый край Луны изрезан горами. По наблюдению Бейли, они были преувеличены и искажены излучающим *сцеплением* ветвей солнца и луны.

Однако непосредственным результатом стало мощное привлечение внимания к солнечным затмениям в их *физическом* аспекте. Никогда прежде события подобного рода не ожидали с таким нетерпением и не готовились к нему так активно, как к тому, что произошло над Центральной и Южной Европой 8 июля 1842 года. Астрономы со всех сторон поспешили в облюбованный регион. Королевский астроном (Эйри) отправился в Турин; Байи - в Павию; Отто Струве бросил свою работу "Среди звезд" в Пулкове и отправился на юг, до Липеска; Шумахер отправился из Альтоны в Вену; Араго из Парижа в Перпиньян. И их труды не остались незамеченными. Открывшиеся чудеса превзошли ожидания самых оптимистичных.

Бейли (к чьему повествованию мы снова обращаемся) установил свою "ахроматику Доллона" в верхней комнате Павийского университета и был увлечен тем, что отметил частичное повторение странных явлений, увиденных им самим в 1836 году, когда он был "поражен оглушительным взрывом аплодисментов с улиц внизу, и в тот же момент был наэлектризован при виде одного из самых ярких и великолепных явлений, которые только можно себе представить ". Ибо в этот момент темное тело луны внезапно было окружено короной, или своего рода ярким сиянием, подобным по форме и относительной величине тому, которое художники рисуют вокруг голов святых, и которое французы называют *ореолом*. В Павии проживает много тысяч жителей, большая часть из которых в этот ранний час прогуливалась по

улицам и площадям или выглядывала из окон, чтобы стать свидетелями этого давно обсуждаемого явления; и когда произошло полное затемнение, которое произошло *мгновенно*, раздался всеобщий крик каждого наблюдателя, от которого "зазвенело все вокруг", и на мгновение отвлекло мое внимание от объекта, которым я был немедленно занят. Я действительно ожидал появления светящегося круга вокруг Луны во время полной темноты; но я не ожидал, судя ни по одному из отчетов о предыдущих затмениях, которые я читал, стать свидетелем столь великолепного зрелища, как то, которое имело место.... Ширина короны, измеренная по окружности Луны, показалась мне почти равной половине диаметра Луны. Она имела вид сверкающих лучей. Свет был наиболее плотным вблизи границы Луны и постепенно и равномерно ослабевал по мере увеличения расстояния от нее, принимая форму расходящихся лучей в виде прямолинейной линии, которые на конце были более разделенными и неодинаковой длины; так что ни в одной части короны я не мог обнаружить правильной и четко очерченной формы кольца на ее *внешнем* краю. Мне показалось, что центром его является солнце, но у меня не было возможности принять какие-либо точные меры для определения этой точки. Его цвет был совершенно белым, не жемчужным, не желтым и не красным, а лучи имели яркий и мерцающий вид, чем-то похожий на тот, который можно было бы предположить при освещении газовым фонарем, если бы ему придавали подобную форму.... Однако, каким бы великолепным и удивительным ни было это замечательное явление на самом деле, и хотя оно не могло не вызвать восхищения и аплодисментов у каждого зрителя, все же я должен признаться, что в то же время в его необычном и чудесном облике было нечто ужасающее; и я легко могу представить, что нецивилизованные нации могли время от времени испытывать тревогу и ужас при виде такого объекта, особенно в те моменты, когда истинная причина происхождения могла быть лишь смутно понята, а само явление - совершенно неожиданным.

Но самым замечательным обстоятельством, сопровождавшим это явление, было появление *трех больших выпуклостей*, по-видимому, исходящих из окружности Луны, но, очевидно, образующих часть короны. Они имели вид гор огромной высоты; их цвет был красным с сиреневым или пурпурным оттенком; возможно, цвет цветка персика более точно передал бы это. В лучах восходящего или заходящего солнца они чем-то напоминали заснеженные вершины альпийских гор. Они напоминали альпийские горы и в другом отношении, поскольку их



свет был совершенно ровным и не имел того мерцающего или искрящегося движения, которое так заметно в других частях короны. Все три проекции имели одинаковый розовый оттенок и сильно отличались от яркого белого света, который образовывал корону; но они отличались друг от друга по величине.... Все эти три выступа были видны вплоть до последнего момента полного затемнения; по крайней мере, я никогда не терял их из виду, когда смотрел в том направлении; и когда первый луч света проник от солнца, они полностью исчезли вместе с короной, и дневной свет мгновенно восстановился ".[154]

Несмотря на неблагоприятную погоду, "красное пламя" на Суперге было замечено с не меньшей четкостью и не меньшим изумлением, чем в Павии, и даже было различимо мистером Эйри невооруженным глазом. "Их форма, - писал Королевский астроном, - была близка к форме зубьев пилы в положении, подобающем циркулярной пиле, вращающейся в том же направлении, в каком вращаются стрелки часов.... Их цвет был насыщенно-красным, как озеро, а яркость больше, чем у любой другой части кольца ".[155]

Высота этих необычных объектов была оценена Араго в две минуты углового движения, что на расстоянии от солнца составляет фактическую высоту в 54 000 миль. При внимательном наблюдении было замечено, что розовый оттенок их освещения по мере возвращения света тускнеет, переходя из фиолетового в белый, причем те же изменения в обратном порядке сопровождали их первое появление. Однако в течение примерно трех минут видимости их формы не менялись, хотя и имели настолько явно неустойчивый характер, что Араго предположил, что они "горы на грани превращения в руины" из-за сверхтяжелости.[156]

Корона, как по форме, так и по протяженности, на разных станциях выглядела совершенно по-разному. Это, без сомнения, было связано с различиями в атмосферных условиях. На Суперге, например, все детали строения, кажется, были стерты мутным воздухом, видно только сравнительно слабое кольцо света, окружающее луну. В другом месте бросалось в глаза блестящее излучаемое образование, распространяющееся в четырех противоположных точках в четыре обширных светящихся пятна, по сравнению с перьями или *эгре тками*. [157] Араго из Перпиньяна заметил значительные неоднородности в расходящихся лучах. Некоторые казались изогнутыми и перекрученными, несколько лежали *поперек* других, почти по касательной к конечности Луны,

общий эффект был описан как "моток ниток в беспорядке".[158] В Липешке, где солнце стояло намного выше над горизонтом, чем в Италии или Франции, корона сияла с удивительным великолепием. Струве оценил его видимую протяженность не менее чем в двадцать пять минут (более чем в шесть раз превышающую оценку Эйри), в то время как огромные столбы распространяли свое сияние на три или четыре градуса от темного края луны. Свет был настолько ослепительным, что многие хорошо образованные люди отрицали тотальность затмения. Ошибка не была беспрецедентной, хотя явления, сопровождающие соответственно полное и кольцевое затмения, на самом деле совершенно не похожи. В последнем случае сохранившееся солнечное кольцо настолько увеличивается под действием излучения, что расположенное между ними темное лунное тело становится сравнительно незначительным или даже невидимым. Маклорен сообщает нам[159], что во время затмения такого характера, которое он наблюдал в Эдинбурге в 1737 году, "джентльмены, ни в коем случае не близорукие, заявили, что неспособны различить луну на солнце без помощи дымчатого стекла"; и Бейли (который, однако, *был* близоруким) мог различать в 1836 году с помощью невооруженным глазом не видно и следа "шара из пурпурного бархата", который в телескоп был виден спроецированным на лик солнца.[160] Более того, уменьшение освещенности описывается им как "немногим большее, чем могло быть вызвано временным облаком, закрывшим солнце"; птицы продолжали петь в полную силу, и "один петух, в частности, кукарекал изо всех сил, пока формировалось кольцевое пространство".

Совершенно иными были последствия затмения 1842 года, относительно которого Араго собрал некоторые интересные подробности.[161] Обремененные животные, по его словам, приостановили свою работу, и никакое наказание не могло заставить их двигаться, пока снова не появилось солнце. Птицы и звери бросили свою пищу; коноплянки были найдены мертвыми в своих клетках; даже муравьи приостановили свой труд. С другой стороны, лошади с усердием казались такими же нечувствительными к этому явлению, как локомотивы. Вьюнок и некоторые другие растения закрыли свои листья, но листья мимозы оставались открытыми. То немногое, что оставалось, имело багровый оттенок. Один наблюдатель описал общую окраску как напоминающую винный осадок, но человеческие лица были бледно-оливковыми или зеленоватыми. Таким образом, мы можем быть уверены, что ни одно из замечательных затемнений, зарегистрированных в истории, не было вызвано затмениями

кольцеобразного типа.

Существование короны не является современным открытием. Действительно, это слишком заметное явление, чтобы ускользнуть от внимания наименее внимательного или неопытного наблюдателя полного затмения. Тем не менее, явные упоминания о нем редки в ранние времена. Плутарх, однако, говорит об "определенном великолепии", распространяющемся вокруг скрытого края солнца, как обычной особенности полных затмений;<sup>[162]</sup> и корона прямо упоминается в описании затмения, видимого на Корфу в 968 году н.э.<sup>[163]</sup> Первым, кто принял это явление к научному рассмотрению, был Кеплер. Он показал, исходя из орбитальных положений солнца и Луны во время, что затмение, наблюдаемое Клавием в Риме в 1567 году, не могло быть кольцевым,<sup>[164]</sup> поскольку ослепительное сияние короны, видимое во время затемнения, заставило поверить в это. Хотя он сам никогда не был свидетелем полного солнечного затмения, он тщательно собрал и сравнил замечания тех, кому повезло больше, и пришел к выводу, что кольцо "огнеподобного сияния", наблюдаемое в таких случаях, было вызвано отражением солнечных лучей от вещества, конденсирующегося по соседству либо с солнцем, либо с Луной.<sup>[165]</sup> Солнечному объяснению он отдал свое собственное решительное предпочтение; но с одной из тех любопытных вспышек полупророческого прозрения, характерных для его гения, заявил, что "оно должно быть подготовлено к использованию, а не подвергнуто немедленной реквизиции".<sup>[166]</sup> Его совету последовали настолько буквально, что теория, которая, как мы теперь знаем, является (в широком смысле) правильной, появилась из хранилища ожидаемых истин только после 236 лет почти полного выхода на пенсию, да и то робко и с колебаниями.

Первым затмением, сопутствующие явления которого наблюдались с достаточной точностью, было то, которое произошло в центре на Юге Франции 12 мая 1706 года. Затем Кассини выдвинул точку зрения, что "корона бледного света", видимая вокруг лунного диска, была вызвана освещением зодиакального света;<sup>[167]</sup> но это не привлекло внимания, которого, как шага в правильном направлении, оно, несомненно, заслуживало. Девять лет спустя мы встречаемся с комментариями Галлея по поводу аналогичного события, первого, произошедшего в Лондоне с 20 марта 1140 года. К девяти утра 3 мая 1715 года затемнение, по его словам, "составляло около десяти цифр,<sup>[168]</sup> когда поверхность и цвет неба начали меняться от идеальной безмятежной лазурно-голубой до более темно-

багрового цвета с фиолетовым глазом между ними.... За несколько секунд до того, как солнце полностью скрылось, вокруг Луны обнаружилось светящееся кольцо шириной примерно в цифру или, возможно, в десятую часть диаметра Луны. Оно было бледно-белого или, скорее, жемчужного цвета, казалось, слегка оттененным цветами радужки, и было концентрично Луне, откуда я заключил, что это атмосфера Луны. Но его огромная высота, намного превышающая атмосферу нашей Земли, и наблюдения некоторых, которые обнаружили, что ширина кольца на западной стороне Луны увеличивается по мере того, как приближается всплытие, вместе с противоположными чувствами тех, к чьему суждению я всегда буду благоговеть" (скорее всего, имеется в виду Ньютон), "делают меня менее уверенным, особенно в вопросе, которому, признаюсь, я не уделил всего необходимого внимания". В заключение он отказывается решать, "принадлежала ли "просветленная атмосфера", на которую внешность "во всех отношениях походила", солнцу или Луне".[169]

Французский академик, случайно оказавшийся в то время в Лондоне, был менее осторожен в выражении своего мнения. Шевалье де Лувилль решительно высказался в пользу лунной атмосферной теории короны,[170] и его авторитет имел большой вес. Это было, однако, сильно опровергнуто наблюдением, сделанным Маральди в 1724 году, о том, что светящееся кольцо вместо того, чтобы двигаться *вместе с* Луной, пересекалось *бу*. [171] На самом деле это было решающим, хотя, как обычно, вера сильно отставала от демонстрации. В 1715 году Делайлем и Лахиром было предложено новое объяснение,[172], подтвержденное экспериментами, которые в то время считались совершенно удовлетворительными. Ореол вокруг затменного солнца, утверждали они, является просто результатом *дифракции*, или кажущегося изгиба солнечных лучей, падающих на поверхность лунного шара, — эффекта того же рода, что и цветные полосы теней. И эта точка зрения преобладала среди ученых до тех пор (и даже после), пока Брюстер не показал с ясней и простой решимостью, что такой эффект ни в коем случае не может быть замечен на нашем расстоянии от Луны.[173] Однако дон Хосе Хоаким де Феррер, наблюдавший полное солнечное затмение в Киндерхуке, штат Нью-Йорк, 16 июня 1806 года, проигнорировав это изысканное оптическое *обоснование*, счел единственно возможными два альтернативных объяснения явления. Яркое кольцо вокруг Луны, должно быть, вызвано освещением либо лунной, либо солнечной атмосферы. Если первое, то, по его расчетам, оно должно иметь высоту, в пятьдесят раз превышающую высоту газовой оболочки Земли.

"Такая атмосфера, - справедливо заключил он, - не может принадлежать Луне, но, без всякого сомнения, должна принадлежать солнцу".<sup>[174]</sup> Но он был одинок в этом решительном утверждении.

Важность этой проблемы впервые была полностью осознана астрономами во время затмения 1842 года. Блестящий и сложный внешний вид, который в тот раз привлек внимание стольких наблюдателей, требовал и получал уже не случайное внимание, уделявшееся ему до сих пор, а самое серьезное изучение теми, кто заинтересован в прогрессе науки. Тем не менее, только постепенно и посредством процесса "исключений" (используя выражение Бэконияна) корона была поставлена на свое место в качестве придатка солнца. Поскольку любое другое доступное объяснение оказалось неприемлемым и выпало из поля зрения, оставалось широкое изложение фактов, которые, хотя и поддавались достаточно очевидному толкованию, долгое время и упорно неверно истолковывались. Как мы увидим далее, абсолютно решающих доказательств по этому вопросу не было до 1869 года.

Сэр Джон Гершель в письме своей достопочтенной тетушке рассказывает, что, когда утром 8 июля 1842 года за темной луной показались ярко-красные языки пламени, население Милана с обычной непоследовательностью толпы подняло крик: "*Живы ли астрономы!*"<sup>[175]</sup> На самом деле никто не был менее подготовлен к их появлению, чем класс, которому таким образом были присуждены аплодисменты, вызванные великолепным зрелищем. И в какой-то мере по их собственной вине, поскольку многие частичные намеки и некоторые отчетливые заявления предыдущих наблюдателей остались незамеченными, что можно ожидать, что какое-то подобное явление будет сопровождать солнечное затмение.

То, что мы сейчас называем "хромосферой", представляет собой оболочку из светящихся газов, которой полностью покрыто солнце и от которой исходят "протуберанцы", эманации, извергающиеся или похожие на пламя,. Так вот, постоянные признаки присутствия этого огненного океана были обнаружены во время затмений в восемнадцатом и девятнадцатом веках. Капитан Стэннан, описывая в письме Флемстиду событие подобного рода, свидетелем которого он был в Берне 1 мая 1706 года, говорит, что солнцу "выходу из затмения предшествовала кроваво-красная полоса света от его левой конечности".<sup>[176]</sup> Точно похожее

явление было отмечено как Галлеем, так и Де Лувиллем в 1715 году; во время кольцевых затмений лордом Абердуром в 1737 году,[177] и Шортом в 1748 году,[ 178] однако сохранившийся солнечный свет смягчил оттенок рубиновой каймы до "коричневого" или "темно-красного"; в то время как идентичные по характеру наблюдения были сделаны в Амстердаме в 1820 году, [179] в Эдинбурге Хендерсоном в 1836 году и в Нью-Йорке в 1838 году.[180]

"Языки пламени" или "протуберанцы", хотя и более заметны, менее постоянны в своем присутствии, чем светящийся слой, из которого они возникают. Первым, кто описал их, был шведский профессор по имени Вассениус, который наблюдал полное затмение в Гетеборге 2 мая 1733 года.[181] Его изумление сравнялось с восхищением, когда он заметил сразу за краем лунного диска три или четыре красноватых пятна или облака, подвешенных, как казалось, в корональной атмосфере, одно из которых было настолько большим, что его можно было различить невооруженным глазом. Что касается их природы, он даже не высказал никаких предположений, кроме того, что молчаливо связал их с луной. Это наблюдение было повторено в 1778 году испанским адмиралом, но без особого успеха в привлечении эффективного внимания к этому явлению. Дон Антонио Уллоа находился на борту своего корабля "*Испания*", следовавшего от Азорских островов к мысу Сент-Винсент 24 июня того же года, когда произошло полное солнечное затмение, о котором он оставил ценное описание. Его заметки о короне полны интереса; но что нас сейчас беспокоит, так это появление "красной светящейся точки" "у края Луны", которая постепенно увеличивалась в размерах по мере удаления от нее Луны и была видна примерно минуту с четвертью.[182] Он был удовлетворен тем, что это принадлежало солнцу из-за его огненного цвета и увеличения величины, и предположил, что это было вызвано какой-то щелью или неравномерностью в конечности Луны, через которую проникал солнечный свет.

Менее точные намеки, как предшествующие, так и последующие, которые теперь легко отнести к подобным объектам (таким как "тонкие столбы дыма", замеченные Феррером)[183] можно было бы детализировать; но уже приведенных свидетельств достаточно, чтобы показать, что протуберанцы, с таким изумлением наблюдавшиеся в 1842 году, не были беспрецедентным или даже необычным явлением.

Однако важнее было решить, какова была их природа, чем то,

можно ли было предвидеть их появление. Обычно их, и не очень ошибочно, принимали за солнечные облака. Араго считал, что они светятся отраженным светом,[184] но аббат Пейताल справедливо считал их самосветящимися. В статье в газете Монпелье от 16 июля 1842 года он заявил, что теперь мы убедились в существовании третьей, или внешней, солнечной оболочки, состоящей из светящегося вещества ярко-розового оттенка, образующего горы огромной высоты, аналогичные по характеру облакам, скопившимся над нашим горизонтом.[185] Это первое отчетливое распознавание очень важной особенности нашего великого светила, вероятно, было основано на наблюдении, сделанном Бераром в Тулоне во время недавнего на тот момент затмения, "очень тонкой красной полосы с неправильными зубцами или, так сказать, с трещинами здесь и там",[186], охватывающей большую дугу окружности Луны. Однако вряд ли можно сказать, что это привлекло всеобщее внимание до 28 июля 1851 года. В тот день произошло полное затмение, которое со значительным успехом наблюдалось в различных частях Швеции и Норвегии рядом английских астрономов. Мистер Хинд увидел на южной оконечности Луны "длинный ряд огней розового цвета", [187], описанный Доузом как "низкая гряда красных выступов, напоминающая по очертаниям вершины очень неправильной гряды холмов".[188] Эйри назвал видимую ему часть этих "неровных линий выступов" *сьерра*, и был поражен ее ярким светом и "почти алым" цветом.[189] Его истинный характер непрерывной солнечной оболочки был выведен из этих данных Грантом, Суоном и Литтроу, и был сделан отцом Секки после великого затмения 1860 года,[190] официально принят как установленный.

В 1851 году было замечено несколько выступов замечательной формы, особенно тот, который по-разному сравнивают с турецким ятаганом, серпом и бумерангом. В связи с ними были отмечены два чрезвычайно важных обстоятельства. Во-первых, приблизительное совпадение их положения с положением солнечных пятен, наблюдавшихся ранее.[191] Далее, что "луна прошла над ними, оставив их позади и открывая последовательные участки по мере своего продвижения".[192] Этот последний прекрасно подтвержденный факт был справедливо рассмотрен Королевским астрономом и другими как дающий абсолютную уверенность в зависимости этих необычных объектов от солнца. Тем не менее, скептики все же нашлись. М. Файе из Французской академии склонялся к их лунному происхождению:[193] Фейлих из Грайфсвальда опубликовал в 1852 году трактат со специальной целью доказать, что все



световые явления, сопровождающие солнечные затмения — корона, протуберанцы и "сьерра" — являются чисто оптическими проявлениями.<sup>[194]</sup> К счастью, однако, вскоре были представлены неопровержимые аргументы фотографической камеры против такого стойкого недоверия.

Таким образом, можно сказать, что фактическое открытие придатков Солнца, как корональных, так и хромосферных, было начато в 1842 году и завершено в 1851 году. Однако нынешняя гершелевская теория строения Солнца оставалась до поры до времени нетронутой. Трудности, действительно, сгущались вокруг этого; но их обсуждение, возможно, считалось преждевременным, и им было позволено накапливаться без обсуждения, пока они не будут подкреплены свежими свидетельствами и не приобретут неожиданный и подавляющий перевес.

## СНОСКИ:

<sup>[131]</sup> Космос, Bd. iii., стр. 409; Лаланд, *Астрономическая библиография*, стр. 179, 202.

<sup>[132]</sup> Р. Вольф, *Сон и ихре Флеккен*, стр. 9. Однако сам Мариус, по-видимому, придерживался аристотелевской теории кометного происхождения о земном выдохе. See his curious little tract, *Astronomische und Astrologische Beschreibung der Cometen*, Nürnberg, 1619.

<sup>[133]</sup> *Фил. Пер.*, том. xxvii., стр. 274. *Тени* (теперь называемые *полутенью*) - это пространства полутени, которые обычно окружают пятна. *Факулы* ("маленькие факелы", названные так Шайнером) представляют собой яркие полосы или пятна, тесно связанные с пятнами.

<sup>[134]</sup> *Mém. Ac. Sc.*, 1776 (публикация 1779), стр. 507. Д. Кассини, однако, впервые выдвинул около 1671 года гипотезу, упомянутую в тексте. Посмотри на Деламбра, *Историю. de l'Astr. Mod.*, т. ii., стр. 694; и *Космос*, Bd. iii., стр. 410.

<sup>[135]</sup> *Фил. Пер.*, том. lxiv., часть i., стр. 7-11.

<sup>[136]</sup> *Роза Урсина*, библиотека iv., стр. 507.

<sup>[137]</sup> Р. Вольф, *"Смерть сына и жены Флекена"*, стр. 12.

<sup>[138]</sup> Шеллен, *Спектральный анализ*, Bd. ii., стр. 56 (3-е изд.).



- [139] *Фил. Пер.*, вып. lxi., р. 20.
- [140] *Там же.*, т. lxxv., 1795, с. 63.
- [141] *Фил. Пер.*, т. xci., 1801, с. 303.
- [142] Предполагаемый непрозрачный или защитный слой под фотосферой был назван им "планетарным" по аналогии с земными облаками.
- [143] *Там же.*, стр. 305.
- [144] *Novum Organum*, библиотека ii. aph. 20.
- [145] "Жизнь Ньютона" Брюстера, том ii., стр. 103.,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,
- [146] Бешепф тигунген д. *Berl. Ges. Naturforschender Freunde*, Bd. ii., р. 233.
- [147] *Журнал для джентльменов*, 1787, том ii., стр. 636.
- [148] *Результаты* т.д., стр. 432.
- [149] *Там же.*, стр. 434.
- [150] См. *ante*, стр. 31.
- [151] *Мемуары Фрэнсиса Бейли*, члена *R. A. S.*, том xv., стр. 524.
- [152] *Мет. R. A. S.*, том x., стр. 5-6.
- [153] *Там же.*, стр. 14-17.
- [154] *Мет. R. A. S.*, том xv., стр. 4-6.
- [155] *Там же.*, стр. 16.
- [156] *Ежегодник*, 1846, стр. 409.
- [157] *Там же.*, стр. 317.
- [158] *Там же.*, стр. 322.
- [159] *Фил. Пер.*, том xl., стр. 192.
- [160] *Мет. R. A. S.*, том x., стр. 17.
- [161] *Ann. du Bureau des Long.*, 1846, стр. 309.
- [162] *De Facie in Orbe Lunæ*, xix., 10. Cf. Grant, *Nach.*, No. 1838. Что касается явления, упомянутого Филостратом в его *Жизни Аполлония* (viii. 23), см. У. Т. Линн, *Обсерватория*, том ix., стр.

[163] Шмидт, *астр. Nach.*, No. 1832.

[164] *Astronomiae Pars Optica, Op. omnia*, т. ii., стр. 317.

[165] *Де Стелла Новая, Соч.*, т. ii., стр. 696, 697.

[166] *Astr. Pars Op.*, стр. 320.

[167] *Mém. de l'ac. des Sciences*, 1706, стр. 119.

[168] Цифра =  $1/12$  диаметра солнца.

[169] *Фил. Пер.*, том xxix., стр. 247-249.

[170] *Mém. de l'Ac. des Sciences*, 1715; *Histoire*, p. 49; *Mémoires*, pp. 93-98.

[171] *Там же.*, 1724, стр. 178.

[172] *Воспоминания Академии наук*, 1715, стр. 161, 166-169.

[173] *Изд. Энциклопедия.*, ст. *Астрономия*, стр. 635.

[174] *Перевод. Am. Phil. Soc.*, том vi., стр. 274.

[175] *Мемуары Кэролайн Гершель*, стр. 327.

[176] *Фил. Пер.*, том xxv., стр. 2240.

[177] *Там же.*, том xl., стр. 182.

[178] *Там же.*, том xlv., стр. 586.

[179] *Met. R. A. S.*, том i, стр. 145, 148.

[180] *Американский научный журнал*, том. xlii., стр. 396.

[181] *Фил. Пер.*, том. xxxviii., стр. 134. Отец Секки, однако, сослался на отчетливое упоминание о протуберанце, наблюдавшемся в 1239 году н.э. Описание полного затмения этой даты включает замечание "Et quoddam foramen erat ignitum in circulo solis ex parte inferiore" (Muratori, *Rer. It. Scriptores*, т. xiv., col. 1097). "circulus solis", конечно, означает корону.

[182] *Фил. Пер.*, том. lxi., стр. 114.

[183] *Пер. Am. Phil. Soc.*, том vi., 1809, стр. 267.

[184] *Ежегодник*, 1846, стр. 460.

[185] Там же., стр. 439, примечание.

[186] Там же., стр. 416.

[187] *Mem. R. A. S.*, том xxi., стр. 82.

[188] Там же., стр. 90.

[189] Там же., стр. 7, 8.

[190] *Le Soleil*, т. i., стр. 386.

[191] Уильямсом и Стэнистритом, *Член R. A. S.*, том xxi., стр. 54, 56. Сантини сделал аналогичное наблюдение в Падуе в 1842 году. Грант, *История. Astr.*, стр. 401.

[192] Ласселл за *месяц. Не.*, том xii., стр. 53.

[193] *Comptes Rendus*, t. xxxiv., p. 155.

[194] *Optische Untersuchungen, and Zeitschrift für populäre Mittheilungen*, Bd. i., 1860, p. 201.

## ГЛАВА IV

### ОТКРЫТИЯ ПЛАНЕТ

В ходе своих первых поисков закона расстояний между планетами Кеплер попытался провести эксперимент, заставив планету, невидимую из-за ее малых размеров, вращаться в обширной области кажущегося пустынным космоса, отделяющего Марс от Юпитера.[195] Непропорциональная величина того же интервала была объяснена Кантом чрезмерными размерами Юпитера. Зона, в которой двигалась каждая планета, согласно философу из Кенигсберга, должна была рассматриваться как пустой склад, из которого были извлечены ее материалы. Таким образом, должно существовать определенное соотношение между планетарными массами и планетарными интервалами.[196] Ламберт, с другой стороны, шутиливо предположил, что тело или тела (поскольку заметно, что он говорит о них во множественном числе), которые когда-то преодолели этот зловещий разрыв в солнечной системе, могли в какую-то отдаленную эпоху быть сметены огромной кометой и вынуждены были сопровождать ее странствия в космосе.[197]

Этим спекуляциям было суждено вскоре принять более определенную форму. Иоганн Даниэль Титиус, профессор в Виттенберге (где он умер в 1796 году), указал в 1772 году в

примечании к переводу книги Бонне "*Размышления о природе*", [198] существование замечательной симметрии в расположении тел, составляющих солнечную систему. С помощью определенного ряда чисел, возрастающих в регулярной прогрессии, [199] он показал, что расстояния шести известных планет от солнца могут быть представлены с близким приближением к точности. Но с одним поразительным перерывом. Член серии, следующей за тем, который соответствовал орбите Марса, не имел небесного представителя. Упорядоченное течение последовательности, таким образом, было странным образом нарушено. Пространство, где планета должна была — во исполнение "Закона" — вращаться, оказалось необитаемым. Иоганн Элерт Боде, который в то время только собирался начать свою долгую карьеру лидера астрономической мысли и работ в Берлине, сразу отметил аномалию и заполнил свободный промежуток гипотетической планетой. Открытие Урана на расстоянии, лишь немного не соответствующем закону Тициуса, придало вес, казалось бы, опасному предсказанию, и Фон Зак на самом деле приложил немало усилий в 1785 году, чтобы вычислить то, что он назвал "аналогичными" элементами [200] для этого невидимого и (при любом воздействии) *неощутимого* тела. Его поиски, осуществляемые, по общему признанию, едва ли менее химеричными, чем поиски алхимиками философского камня, он неуклонно вел в течение пятнадцати лет, и наконец (21 сентября 1800 г.) ему удалось организовать в сочетании с пятью другими немецкими астрономами, собранными в Лилиентале, силы, которые он в шутку назвал небесной полицией, специально для отслеживания и перехвата ускользающего объекта в виде солнца. Соответственно, зодиак был разделен в целях тщательного изучения на двадцать четыре зоны; их распределение между отдельными наблюдателями было частично произведено, и ассоциация быстро начала налаживать работу, когда пришло известие, что пропавшая планета была найдена не благодаря систематическому плану поисков, а благодаря усердным, хотя и иным образом направленным усилиям далекого наблюдателя за небесами.

Джузеппе Пиацици родился в Понте в Вальтеллине 16 июля 1746 года. Он учился в разных местах и в разное время у Тирабоски, Беккариа, Жакье и Ле Сюэра; и вступив в театральный монашеский орден в возрасте восемнадцати лет, он преподавал философию, естественные науки и теологию в нескольких итальянских городах, а также на Мальте, до 1780 года, когда ему предложили кафедру математики в Университете Палермо, и он был принят. Принц Караманико, тогдашний вице-король Сицилии,

имел научные наклонности и был легко склонен к проекту строительства обсерватории, удобным фундаментом для которой послужила одна из башен вице-королевского дворца. Это архитектурно неуместное дополнение к древнему сарацинскому зданию — некогда резиденции эмиров Кельбита и зирита - было завершено в феврале 1791 года. Пиацци, тем временем, посвятил почти три года усердному изучению своей новой профессии, приобретая практические знания о методах Лаланда в Военной школе и Маскелайна в Королевской обсерватории; и вернулся в Палермо в 1789 году, привезя с собой огромный пятифутовый круг, который он убедил Рамсдена сконструировать, самый совершенный измерительный инструмент, которым до сих пор пользовались астрономы.

Он более девяти лет работал над своим звездным каталогом и все еще глубоко осознавал, что место в группе Лилиенталя[201] астрономических детективов было зарезервировано для него, когда в первый вечер девятнадцатого века, 1 января 1801 года, он заметил положение звезды восьмой величины в той части созвездия Тельца, к которой был привязан астрономический указатель. ошибка Волластона привлекла его особое внимание. Повторно наблюдая, по своему обыкновению, один и тот же набор из пятидесяти звезд четыре ночи подряд, 2-го числа ему показалось, что та, о которой идет речь, слегка изменила свое положение к западу; 3-го числа он убедился в этом факте и поверил, что случайно наткнулся на комету нового типа без хвоста или комы. Блуждающее тело, какой бы ни была его природа, сменило ретроградное движение на прямое 14 января.[202] и Пиацци внимательно наблюдал за ним до 11 февраля, когда опасная болезнь прервала его наблюдения. Он, однако, не преминул уведомить о своем открытии; но в те беспокойные времена связь была настолько ненадежной, что его письмо Ориани от 23 января не доходило до Милана до 5 апреля, в то время как послание, адресованное Боду днем позже, попало в руки в Берлине 20 марта. Задержка как раз дала время для публикации молодым философом из Йены по имени Гегель "Диссертации", показывающей в самом ясном свете разума, что число планет не может превышать семи, и разоблачающей безумие некоторых приверженцев индукции, которые искали новое небесное тело просто для того, чтобы заполнить пробел в числовом ряду.[203]

Не смущенный спекулятивным презрением, Бод едва прочитал письмо Пиацци, как пришел к выводу, что оно относится именно к тому органу, о котором идет речь. Новость быстро

распространилась и произвела глубокую сенсацию, к которой примешивалась тревога, что это последнее пополнение в солнечной семье было найдено только для того, чтобы снова быть потерянным. Ибо к тому времени движущаяся звезда Пиацци находилась слишком близко к солнцу, чтобы ее можно было увидеть, и для того, чтобы вновь обнаружить ее после соединения, было необходимо достаточно точное знание ее пути. Но планетарная орбита никогда прежде не вычислялась на основе таких скудных данных, какие предоставило наблюдение Пиацци; [204] и попытки почти всех известных астрономов Германии разобраться в проблеме были явно неадекватными, не учитывающими даже положения, в которых тело было фактически замечено, и, *тем более*, служили только для того, чтобы ввести в заблуждение относительно мест, где оно находилось., с сентября 1801 года это должно было снова стать заметным. Именно в этой экстремальной ситуации на помощь пришел знаменитый математик Гаусс. Ему тогда шел двадцать пятый год, и он зарабатывал на хлеб обучением в Брауншвейге, имея перед собой множество возможностей, но так и не сделав определенной карьеры. Можно сказать, что новости из Палермо превратили его из арифмометра в астронома. Он уже владел новым и более общим методом вычисления эллиптических орбит; а система "наименьших квадратов", которую он разработал, хотя и не опубликовал, позволила ему извлечь наиболее вероятный результат из данного набора наблюдений. Вооруженный этими новыми способностями, он приступил к работе; и сообщение в ноябре о его элементах и эфемеридах потерянного объекта возродило угасающие надежды маленькой группы нетерпеливых искателей. Однако их терпению предстояло еще одно испытание. Облака, туман и мокрый снег, казалось, сговорились прикрыть отступление беглеца; но в последнюю ночь года небо неожиданно прояснилось с установлением сильного мороза, и там, в северо-западной части Девы, почти в том месте, которое Гаусс присвоил беглой планете, фон Зак различил странную звезду[205] в Готе, штат Калифорния. и на следующий вечер — в годовщину первого открытия — Ольберсом в Бремене. Имя Цереры (как богини-покровительницы Сицилии) было, по просьбе Пиацци, присвоено этой первой известной из многочисленного и, вероятно, почти неисчислимого семейства малых планет.

Распознавание второго последовало как непосредственное следствие обнаружения первого. Ольберс настолько хорошо изучил расположение маленьких звезд на пути давно пропавшего тела, что его сразу же поразило (28 марта 1802 г.) присутствие постороннего вблизи того места, где он недавно опознал Цереру.

Сначала он принял новоприбывшую за переменную звезду, обычно незаметную, но как раз в тот момент достигшую максимума яркости; но в течение двух часов он убедил себя, что это *нениподвижная* звезда, а быстро движущийся объект. Снова призвали на помощь Гаусса, и его быстрые расчеты показали, что эта новая небесная знакомая (названная Ольберсом "Палладой") обращалась вокруг Солнца почти на том же среднем расстоянии, что и Церера, и не подлежала сомнению в строгом аналогическом характере.

Этот результат был крайне озадачивающим. Симметрия и простота планетной схемы, казалось, были фатально скомпрометированы допуском многих, где, согласно старомодным правилам, место могло найтись только для одного. Смелая гипотеза об изобретении Ольберса позволила найти выход из создавшегося положения. Он предположил, что и Церера, и Паллада были фрагментами примитивной трансмарсианской планеты, разлетевшейся на куски в далеком прошлом либо под действием внутренних сил, либо в результате столкновения с кометой; и предсказал, что будет обнаружено еще много таких фрагментов, циркулирующих в том же регионе. Более того, он указал, что все эти многочисленные орбиты, как бы сильно они ни отличались в других отношениях, должны иметь общую линию пересечения,<sup>[206]</sup> и что движущиеся по ним тела, следовательно, должны проходить при каждом обороте через две противоположные точки небес, одна из которых расположена в созвездии Кита, другая - в созвездии Девы, где уже была найдена Паллада и возвращена Церера. Предположение о том, что в этих конкретных регионах можно ожидать новых открытий, было исключительно обосновано обнаружением двух тел, известных теперь соответственно как Юнона и Веста. Первый был найден недалеко от предсказанного места в Цете Хардингом, помощником Шретера в Лилиентале, 2 сентября 1804 года; второй - самим Ольберсом в Деве, после трех лет упорного изучения, 29 марта 1807 года.

Теперь, казалось, все говорило в пользу теории взорвавшейся планеты. Это требовало, чтобы средние расстояния между вновь открытыми телами были почти одинаковыми, но допускало большое разнообразие форм и положений их орбит при условии, что они всегда сохраняли общие точки пересечения. Эти условия были выполнены с поразительной точностью. Три из четырех "астероидов" (обозначение, введенное сэром У. Гершелем<sup>[207]</sup>) с очень приблизительной точностью соответствовали "закону расстояний Бодэ"; все они в своих обращениях вокруг Солнца

пересекали почти одни и те же части Кита и Девы; в то время как эксцентриситеты и наклоны их траекторий сильно отличались от планетарного типа — Паллады, возьмем крайний пример, составляющий с эклипкой угол почти в  $35^\circ$ . Миниатюрность этих органов, по-видимому, еще больше усиливает предположение о фрагментарном характере. Гершель оценил диаметр Цереры в 162 мили, диаметр Паллады - в 147 миль.[208] Но теперь известно, что эти значения значительно меньше. Предполагаемая изменчивость яркости некоторых астероидов, несколько рискованно объяснимая неправильностями рисунка, которые можно ожидать в космических *черепках* (так сказать, ), была добавлена к подтверждающим доказательствам.[209] Сильная сторона теории, однако, заключалась не в том, что она объясняла, а в том, что она предсказывала. Это было дважды подтверждено фактическими исследованиями неба и привело, по признанию Весты, к первому зарегистрированному случаю *преднамеренного* обнаружения небесного тела.

Эта точка зрения не только понравилась легкому воображению необразованных людей, но и получила одобрение высшего научного авторитета. Великий Лагранж приложил к этому свои аналитические *усилия*, показав, что взрывные силы, необходимые для возникновения предполагаемой катастрофы, находились в пределах возможного; поскольку скорости, менее чем в двадцать раз превышающей скорость пушечного ядра, вылетающего из жерла орудия, было бы достаточно, согласно его расчетам, для того, чтобы разнести осколки астероида по их соответствующим траекториям. Действительно, он был склонен считать гипотезу разрушения более общедоступной, чем предполагал ее автор, и предложил дополнить ею, как объясняющей эксцентричные орбиты комет, теорию туманностей Лапласа, получив таким образом, как он сказал, "полное представление о происхождении планетной системы, более соответствующее законам природы и механики, чем любое из ранее предложенных".[210]

Тем не менее гипотеза Ольберса не выдержала критики. Казалось, что все имеющиеся доказательства в его поддержку были представлены сразу и спонтанно, в то время как неблагоприятные моменты выявлялись медленно и, так сказать, путем перекрестного допроса. Более подробное знакомство с группой тел, особенности которых было призвано объяснить это исследование, в конце концов, показало, что они не поддаются никакому подобному объяснению. Совпадения, на первый взгляд значимые и поразительные, были заглушены противоположными примерами; и поспешный общий вывод, по нередкой случайности,



в конце концов погиб под наплывом частных. Более того, как заметил профессор Ньюкомб,[211] взаимные возмущения быстро стерли бы все следы общего разрушительного происхождения, и катастрофа, чтобы быть ощутимой по своим последствиям, должна была произойти сравнительно недавно.

Новое поколение астрономов появилось еще до того, как в маленькое семейство малых планет были внесены какие-либо дополнения. Пиацци умер в 1826 году, Хардинг - в 1834-м, Ольберс - в 1840-м; все те, кто готовил первые открытия или участвовал в них, скончались, так и не став свидетелями их возобновления. Однако в 1830 году некий Хенке, бывший почтмейстер в прусском городке Дриссен, взялся наблюдать за новыми планетами, и спустя пятнадцать долгих лет его терпение было вознаграждено. Астероид, открытый им 8 декабря 1845 года, получил название Астрея, и его дальнейшее продолжение поисков привело 1 июля 1847 года к открытию Гебе. Несколько недель спустя (13 августа) Джон Рассел Хинд (1823-1893) после многомесячных исследований из обсерватории мистера Бишопа в Риджентс-парке обнаружил Ирис, а 18 октября - Флору.[212] Следующей в списке была метис, найденная мистером Грэмом 25 апреля 1848 года в Маркри, Ирландия.[213] В конце периода, которому наше внимание в настоящее время ограничено, число этих малых тел, известных астрономии, составляло тринадцать; и с тех пор процесс открытий развивался гораздо быстрее и с меньшими перерывами.

Как само по себе, так и по своим последствиям открытие малых планет имело первостепенное значение для науки. Традиционные представления о строении Солнечной системы были расширены за счет допущения нового класса тел, сильно контрастирующих, но строго согласованных со старым установившимся планетарным порядком; было замечено, что изобилие ресурсов, столь заметное в живых царствах Природы, в не меньшей степени преобладает в небесных пространствах; и было получено некоторое слабое предварительное представление о неопределенной сложности отношений, лежащих в основе кажущейся простоты величественной схемы, к которой принадлежит наш мир. Как теоретическая, так и практическая астрономия извлекла выгоду из признания этих, казалось бы, незначительных чужаков гражданами солнечной системы. Нарушение их движения соседними гигантами позволило получить более точные сведения о массе Юпитера, которую Лаплас принял примерно на  $1/50$  меньше, чем следовало; аномальный характер их орбит поставил геометров перед весьма

стимулирующими проблемами в теории возмущений; в то время как острота первого открытия породила *Теорию Motusi* привлекла Гаусса в ряды вычислительной астрономии. Более того, несомненная перспектива дальнейших обнаружений сильно подстрекала к исследованию неба; наблюдатели становились все многочисленнее и ревностнее ввиду уготованных им призов; старательно составлялись звездные карты, и звездное множество, разбросанное вдоль великого зодиакального пояса, приобрело новый интерес, когда было замечено, что его наименее заметным элементом может быть осколок планеты или снаряд, достойно замаскированный под далекое солнце. "Небесный атлас" Хардинга, разработанный специально для облегчения исследований астероидов, был первой систематической попыткой представить глазу *телескопический* аспект неба. Именно во время его строительства наблюдатель Лилиенталя успешно перехватил "Юнону" во время ее прохождения через Кит в 1804 году; после чего его перевели в Геттинген, где он в 1822 году выполнил трудную задачу, столь своевременно начатую десятилетием назад. Еще более важными были большие звездные карты Берлинской академии, составленные по предложению Бесселя с той же целью отличить блуждающие звезды от неподвижных и выполненные под руководством Энке в 1830-59 годах. Они сыграли заметную роль в истории открытия планет, и не только второстепенную.

Теперь мы должны рассказать об уникальном событии в истории науки. Открытие Нептуна было охарактеризовано как результат "движения эпохи",<sup>[214]</sup> и с некоторой справедливостью. Это стало необходимым для целостности планетарной теории. Пока это не было завершено, призрак необъяснимой аномалии в упорядоченном движении солнечной системы, должно быть, продолжал преследовать астрономическое сознание. Более того, это было подготовлено многими, предложено как возможное многими, и фактически достигнуто одновременно, независимо и полностью двумя исследователями.

Положение планеты Уран фиксировалось как положение неподвижной звезды не менее двадцати раз с 1690 года до эпохи ее окончательного обнаружения Гершелем. Но эти ранние наблюдения, далекие от того, чтобы предоставить ожидаемые возможности для расчета его орбиты, оказались источником серьезных затруднений. Величайшая изобретательность геометров не смогла удовлетворительно совместить их с более поздними местоположениями Урана, и стало очевидно, что либо они были широко ошибочными, либо что вращающееся тело отклонилось от своего древнего пути. Самым простым было

полностью отказаться от них, что и было сделано в новых таблицах, опубликованных в 1821 году Алексисом Бувардом, неутомимым партнером Лапласа по вычислениям. Но от проблемы таким образом было не избавиться. Через несколько лет начали появляться новые нарушения, которые продолжали увеличиваться, пока не стали абсолютно "невыносимыми". В качестве иллюстрации совершенства, к которому была доведена астрономия, можно сказать, что расхождения, которые считались угрожающими самому основанию ее теорий, никогда не попадали в поле зрения невооруженного глаза. Другими словами, если бы теоретический и реальный Уран были помещены на небе бок о бок, самому пронзительному глазу они показались бы единым телом.[215]

Идея о том, что эти загадочные возмущения были вызваны притяжением неизвестного внешнего тела, была довольно очевидной; и, соответственно, мы находим, что она выдвигалась во многих различных кругах. Сам Бувар, возможно, был первым, кто это понял. Он постоянно держал в поле зрения эту возможность и завещал усердию своего племянника исследовать ее реальность, когда почувствовал, что его собственный период подходит к концу; но прежде чем в этом был достигнут какой-либо прогресс, он уже (7 июня 1843 г.) "перестал дышать и производить расчеты". Преподобный Т. Дж. Хасси действительно рассматривал эту идею в 1834 году, но обнаружил, что его сил недостаточно для выполнения задачи определения приблизительного места для вызывающего беспокойство тела; и Бессель в 1840 году изложил свои планы по нападению на урановую проблему, триумфальный выход из которой смертельная болезнь разрушила его надежды осуществить или даже стать свидетелем.

Проблема была практически не затронута, когда в 1841 году студент колледжа Святого Иоанна в Кембридже принял решение заняться ею. Предполагаемая задача была трудной. Не было никаких руководящих прецедентов для ее выполнения. Пришлось столкнуться с аналитическими препятствиями, настолько серьезными, что они казались непреодолимыми даже такому математику, как Эйри. Джон Коуч Адамс, однако, не успел получить ученую степень, которую он получил в качестве старшего научного сотрудника в январе 1843 года, как решительно взялся за работу и 21 октября 1845 года смог сообщить Королевскому астроному численные оценки элементов и массы неизвестной планеты вместе с указанием ее фактического места на небесах. Эти результаты, как хорошо

сказано,[216] дали "окончательное и неумолимое доказательство" справедливости Закона Ньютона. Дата 21 октября 1845 года "таким образом, может рассматриваться как обозначающая особую эпоху в истории гравитационной астрономии".

Сэр Джордж Бидделл Эйри начал в 1835 году свое долгое и энергичное руководство Королевской обсерваторией и уже располагал данными, жизненно важными для проводившегося в то время важного расследования. По его предложению и под его руководством в 1833 году было предпринято сокращение всех наблюдений планет, сделанных в Гринвиче с 1750 года. Результаты, опубликованные в 1846 году, составили постоянный и универсальный запас материалов для корректировки планетарной теории. Но тем временем исследователи, как местные, так и иностранные, были свободно снабжены "местами и ошибками", которые, ясно демонстрируя расхождения между наблюдениями и расчетами — между тем, что *было*, и тем, что *ожидалось*, — сформировали саму основу будущих улучшений.

У мистера Адамса не было причин жаловаться на невежливость чиновников. Его трудам оказывалась должная и незаменимая помощь, но их цель считалась химерической. "Я всегда, - писал сэр Джордж Эйри,[217] "считал правильность отдаленного математического результата предметом скорее моральных, чем математических доказательств". И то, что было на самом деле перед ним, казалось, из-за самой своей новизны вызывало подозрение в маловероятности. Ни одна проблема планетарного возмущения до сих пор не подвергалась нападению, так сказать, с тыла. Обратный метод не был опробован и вполне мог быть признан невыполнимым. Ибо трудность определения возмущений, производимых данной планетой, невелика по сравнению с трудностью нахождения планеты по возникающим в результате нее возмущениям. Лаплас, возможно, и дрогнул бы перед этим, но теперь им занялись как первым эссе по небесной динамике. Более того, Адамс необъяснимым образом до слишком позднего времени пренебрегал ответом на вопрос, который Эйри рассматривал в свете *крутого эксперимента* относительно обоснованности новой теории. Сам он также не предпринял никаких шагов для получения огласки, которую он больше стремился заслужить, чем обеспечить. Следовательно, расследование оставалось погруженным в неизвестность. Теперь известно, что если бы осенью 1845 года были начаты поиски удаленного тела, существование которого было так чудесно предсказано, оно было бы найдено в пределах *трех с половиной лунных диаметров* ( $1^{\circ} 49'$ ) от места, назначенного ему Адамсом.

Однако соперник, столь же смелый и более удачливый — *audax fortunâ adjutus*, как сказал о нем Гаусс, — уже тогда выходил на поле боя. Урбен Жан Жозеф Леверье, сын небольшого государственного служащего в Нормандии, родился в Сен-Ло 11 марта 1811 года. Он с блестящим успехом учился в Политехнической школе, в 1837 году занял там должность преподавателя астрономии и, "послушный обстоятельствам", немедленно сосредоточил все свои обширные, хотя пока еще неразвитые способности на решении сложных проблем небесной механики. Он, не теряя времени, доказал математическому миру, что раса гигантов не вымерла. Две статьи о стабильности Солнечной системы, представленные Академии наук 16 сентября и 14 октября 1839 года, показали его достойным преемником Лагранжа и Лапласа и вселили надежды, которым суждено было в полной мере осуществиться. Араго обратил его внимание на урановую трудность в 1845 году, когда он радостно отложил в сторону некоторые сложные кометные исследования, которыми ему довелось заниматься, чтобы с послушной оперативностью откликнуться на призыв главы астрономии Франции. В своих первых мемуарах на эту тему (направлены в Академию, 10 ноября 1845 г.) он доказал неадекватность всех известных причин возмущения для объяснения капризов Урана; во втором (1 июня 1848 г.) он продемонстрировал, что только внешнее тело, занимающее на определенную дату определенное положение на зодиаке, могло вызывать наблюдаемые эффекты; в третьем (31 августа 1846 г.) он определил орбиту возмущающего тела и объявил о его видимости как объекта с заметным диском, примерно таким же ярким, как звезда восьмой величины.

Теперь вопрос явно приближался к решению проблемы. 10 сентября сэр Джон Гершель заявил Британской ассоциации относительно гипотетической новой планеты: "Мы видим ее так, как Колумб видел Америку с побережья Испании. Были ощутимы его движения, дрожащие вдоль далеко идущей линии нашего анализа с уверенностью, едва ли уступающей визуальной демонстрации". Менее чем через две недели, 23 сентября, профессор Галле из Берлинской обсерватории получил письмо от Леверье с просьбой о его помощи в телескопической части исследования, которое уже было аналитически завершено. В ту же ночь он направил свой рефрактор к небесам и увидел менее чем в одном градусе от указанного места объект с измеримым диском диаметром около трех секунд. Ее отсутствие на недавно составленной Бремикером карте этого региона неба показало, что это не звезда, а ее движение в предсказанном направлении без промедления подтвердило убедительную убежденность в ее

планетарной природе.[218]

Таким замечательным образом было установлено существование удаленного элемента нашей системы, известного как "Нептун". Но открытие, которое точно отражало дублирующий характер расследования, приведшего к нему, было уже получено в Кембридже до того, как о нем стало известно из Берлина. Недоверие сэра Джорджа Эйри рассеялось перед лицом поразительного совпадения положения, назначенного Леверье неизвестной планете в июне, и положения, установленного Адамсом в октябре прошлого года; и 9 июля он написал профессору Чаллису, директору Кембриджской обсерватории, рекомендуя провести поиск на большом Нортумберлендском экваториале. Если бы под рукой была хорошая звездная карта, процесс был бы простым; но о "Горе XXI" Бремикера еще не было никаких известий в Англию, и не было никакой другой, достаточно всеобъемлющей, доступной для расследования, которое, в отсутствие такой помощи, обещало быть долгим и кропотливым. Как показало событие, это могло быть ни то, ни другое. "После четырех дней наблюдений, - писал Чаллис Эйри 12 октября 1846 года, - планета была в моей власти, если бы только я изучил или нанес на карту результаты наблюдений".[219] Если бы он это сделал, первые награды за открытие, как теоретические, так и оптические, достались бы Кембриджскому университету. Но у профессора Чаллиса были и другие астрономические занятия, и, более того, его вера в точность предоставленных ему показаний была, по его собственному признанию, очень слабой. По обоим причинам он отложил на более поздний этап работы обсуждение и сравнение данных, которые по ночам предоставлял ему его телескоп, и, таким образом, позволил лежать, так сказать, скрытым в своих наблюдениях важному результату, которого гарантировало его усердие, но который из-за его задержки был предвосхищен.[220]

Тем не менее, не следует забывать, что в пользу берлинского астронома говорили два обстоятельства, без которых его быстрый успех вряд ли мог быть достигнут. Первым было обладание хорошей звездной картой; вторым - ясный и уверенный характер инструкций Леверье. "Смотрите туда, куда я вам говорю, - казалось, авторитетно заявлял он, - и вы увидите объект, подобный тому, что я описываю".[221] И в самом деле, не только Галле 23 сентября, но и Чаллис 29 сентября, сразу после прочтения ясного и впечатляющего трактата французского геометра, выделили среди звездных точек, усеивающих зодиак, небольшой планетный диск, который в конечном итоге оказался

диском именно того тела, которое он искал в течение двух месяцев.

Последовавший спор имел свою позорную сторону; но в него не вступила ни одна из сторон, которых это в принципе касалось. Адамс перенес разочарование, которое причинили ему затяжные слушания в Гринвиче и Кембридже, со спокойным героизмом. Его молчание по поводу того, что другой человек назвал бы его ошибками, оставалось нерушимым до конца его жизни;<sup>[222]</sup> и он пользовался любой возможностью, чтобы засвидетельствовать свое восхищение гением Леверье.

Личные вопросы, однако, исчезают перед масштабом события, с которым они связаны. Благодаря этому были рассеяны последние сохраняющиеся сомнения относительно абсолютной точности Закона Ньютона. Малопонятные аналитические методы получили блестящее подтверждение, понятное даже для обывателей, и вышли из терпеливого уединения кабинета, чтобы насладиться часом шумного триумфа. Было показано, что шар-сестра нашей земли, вечно невидимый невооруженным глазом, вращается в вечном ледяном изгнании на расстоянии, в тридцать раз превышающем его расстояние от солнца. Более того, стала очевидной возможность того, что границы нашей системы даже не были достигнуты таким образом, но что еще более глубокие бездны космоса могли бы приютить послушных, хотя и малообеспеченных членов солнечной семьи, которых будущие астрономы узнают по сочувственному трепету Нептуна, подобно тому, как сам Нептун был распознан по характерным отклонениям Урана.

Любопытно обнаружить, что плод кропотливых исследований Адамса и Леверье был практически случайно сорван за полвека до того, как созрел для сбора. 8 и снова 10 мая 1795 года Лаланд отметил положение Нептуна как неподвижной звезды, но, поняв, что два наблюдения не согласуются, он отклонил первое как ошибочное и больше не проводил расследование. Бессмертие, которое он презирал бы в последнюю очередь, висело на волоске; однако его беспечность, как перышко, подвела черту, и открытие было приберегнуто для более трудных попыток более поздних посетителей.

Закон Бode сослужил хорошую службу в поисках трансурановой планеты, предоставив основание для вероятного предположения относительно ее удаленности. Это послужило отправной точкой для аппроксимации, но вскоре выяснилось, что в ней есть

существенные недостатки. Даже Уран примерно на 36 миллионов миль ближе к Солнцу, чем требует порядок прогрессии; и огромное расстояние до Нептуна в 2800 миллионов миль должно быть увеличено не менее чем на 800 миллионов миль, а его период в 165 лет удлинён до 225 лет.<sup>[223]</sup> для того, чтобы привести его в соответствие с любопытным и необъяснимым правилом, которое поочередно пытались подтвердить открытия планет и признать недействительным.

В течение семнадцати дней после его идентификации с берлинской ахроматикой было обнаружено, что Нептун сопровождается спутником. Это открытие стало первым заметным проявлением знаменитого двухфутового отражателя<sup>[224]</sup>, установленного мистером Ласселлом в его резиденции с наводящим на размышления названием Старфилд, недалеко от Ливерпуля. Уильям Ласселл был пивоваром по профессии, но по склонности астрономом. Родившийся в Болтоне в Ланкашире 18 июня 1799 года, он завершил жизнь, полную исключительной полезности науке, 5 октября 1818 года, таким образом, охватывая своими хорошо проведенными годами четыре пятых того важного периода, который мы взяли описать. В возрасте двадцати одного года, не имея средств на покупку, он взялся за конструирование телескопов и, естественно, обратил свое внимание на телескопы отражающего типа, поскольку их конструкция благоприятствовала любительским усилиям из-за сравнительной простоты. Его врожденная изобретательность была замечательной и развивалась под влиянием ежечасных трудностей, связанных с его последовательными предприятиями. Их неизменный успех побудил его расширить свои планы, и в 1844 году он посетил замок Бирр с целью осмотреть станок, используемый для полировки гигантского зеркала в Парсонстауне. Однако при конструировании своего нового инструмента он в конце концов отказался от полученной там модели и работал по собственному методу с помощью высочайшего механического мастерства Джеймса Нэсмита. Результатом стал ньютоновский объектив изысканной четкости с апертурой в два и фокусным расстоянием в двадцать футов, обеспечиваемый новым изобретением с экваториальным креплением, ранее считавшимся доступным только для рефракторов.

Этот прекрасный инструмент позволил своему создателю 10 октября 1846 года бегло осмотреть слугу-нептунианца. Но в то время планета приближалась к Солнцу, и только в июле следующего года наблюдение удалось подтвердить, что и было сделано полностью, сначала самим Ласселлом, а несколько позже



Отто Штуве и Бондом из Кембриджа (США). Если учесть, что этот удаленный объект светит за счет отражения солнечного света, уменьшенного на расстоянии до  $1/900$  интенсивности, с которой он освещает нашу Луну, факт его видимости даже в самые совершенные телескопы является несколько удивительным. Действительно, это можно объяснить только, приписав ему размеры, очень значительные для тела вторичного порядка. Она разделяет с лунами Урана особенность ретроградного движения; иными словами, ее вращения, идущие вразрез с великим потоком движения в Солнечной системе, совершаются с востока на запад в плоскости, наклоненной под углом  $35^\circ$  к плоскости эклиптики. Их быстрота служит для измерения массы земного шара, вокруг которого они вращаются. Ибо, в то время как нашей Луне требуется двадцать семь дней и почти восемь часов, чтобы завершить свой оборот вокруг Земли, спутник Нептуна, находящийся на расстоянии не намного меньшем, совершает оборот вокруг своей звезды за пять дней и двадцать один час, показывая (согласно очень простому принципу вычисления), что его толкает сила, в семнадцать раз превышающая земное притяжение к лунному шару. Объединяя этот результат с результатами[225] и[226] недавних измерений малого телескопического диска этой самой удаленной из известных планет, обнаружено, что, хотя Нептун имеет массу равно семнадцати, в объеме это эквивалентно сорока девяти землям. Это все равно что сказать, что он состоит из относительно очень легких материалов или, что более вероятно, из материалов, растянутых внутренним теплом, еще не выброшенных радиацией в космос, примерно в пять раз по объему, который они занимали бы внутри нашего земного шара. Во всяком случае, достаточно хорошо установлен тот факт, что средняя плотность Нептуна примерно в два раза выше плотности воды.

Теперь мы должны отвлечься от этого признанного члена нашей системы, чтобы уделить некоторое краткое внимание все еще плодотворной области открытий, предлагаемой одним из незапамятной пятерки. Семейство Сатурна, в отличие от семейства его блистательного соседа, постепенно привлекало внимание астрономов. Титан, шестой по удаленности спутник Сатурна, был первым, его обнаружил Гюйгенс 25 марта 1655 года; Кассини познакомился еще с четырьмя между 1671 и 1684 годами; в то время как Мимас и Энцелад, два самых внутренних спутника, были пойманы Гершелем в 1789 году, когда они прокладывали свой ясный путь вдоль края почти исчезнувшего кольца. Было обнаружено, что на расстояниях этих семи вращающихся тел от их звезды преобладает порядок прогрессии, аналогичный тому, на

который указал Тиций в отношении планетных интервалов; но с одним заметным перерывом, подобным тому, который впервые подсказал поиск новых членов солнечной системы. Между Титаном и Япетом — шестым и седьмым по счету от земли — очевидно, было место для еще одного спутника. Она была открыта по обе стороны Атлантики одновременно, 19 сентября 1848 г. Мистер У. К. Бонд, используя великолепный 15-дюймовый рефрактор Гарвардской обсерватории, заметил 16 сентября крошечную звезду, расположенную в плоскости колец Сатурна. Тот же объект был замечен мистером Ласселлом 18-го числа. На следующий вечер оба наблюдателя заметили, что проблемное светящееся пятнышко не отставало от планеты по мере ее движения, а не оставалось позади, и, следовательно, сделали вывод о его истинном характере.[227] Гиперион, седьмой по расстоянию и восьмой по узнаваемости среди спутников Сатурна, имеет настолько незначительные размеры по сравнению с некоторыми из его спутников (Титан лишь немногим уступает планете Марс), что это предположил сэр Джон Гершель[228] идея о том, что это может быть только одно из нескольких тел, вращающихся очень близко друг к другу - фактически, *спутник астероида*; но гипотеза пока не подтверждена.

Совпадение с его повторным открытием было удивительно схожим два года спустя. Изумление Галилея, когда его "оптическое стекло" открыло ему "тройную" форму Сатурна — *planeta tergeminus*— оказалось, подобно смеху богов, "неугасимым". Это должно возродить в каждом, кто заново созерцает уникальное устройство того отдельного мира, известного нам как система Сатурна. Превращение так называемых *ансамблей*, или "ручек", в одно опоясывающее кольцо, сделанное Гюйгенсом в 1655 году, открытие Кассини в 1675 году разделения этого кольца на два концентрических, вместе с исследованием Лапласом условий стабильности такого образования, составили, с некоторыми незначительными наблюдениями, сумму знаний, полученных вплоть до середины прошлого века, по предмету этого замечательного образования. Первое место в открытии, о котором сейчас будет рассказано, принадлежит американскому астроному.

Уильям Крэнч Бонд, родившийся в 1789 году в Портленде, штат Мэн, был часовщиком, которого солнечное затмение 1806 года привлекло к изучению чудес небес. Когда в 1815 году впервые рассматривался вопрос о строительстве обсерватории при Гарвардском колледже в Кембридже, он предпринял поездку в Англию с целью изучения работы там аналогичных учреждений, а

по возвращении построил частную обсерваторию в Дорчестере, где усердно работал в течение многих лет. Затем, наконец, в 1843 году, долго откладываемый план властей Гарварда был возобновлен, и по завершении строительства нового учреждения Бонду, который с 1838 года был официально связан с колледжем и продолжал свои научные труды в его стенах, был предложен пост его директора, и он принял его. Получив в 1847 году в руки один из лучших инструментов в мире — шедевр Мерца и Малера, — он возглавил ныне длинный список выдающихся трансатлантических наблюдателей. Как и Струве-старший, он оставил наследника своей должности и его высокопреосвященства, но Джордж Бонд, к сожалению, умер в 1865 году в возрасте тридцати девяти лет, пережив своего отца всего на шесть лет.

Ночью 15 ноября 1850 года — воздух, что примечательно, был настолько затянут дымкой, что невооруженным глазом можно было различить только самые яркие звезды — Уильям Бонд различил темное кольцо, простиравшееся примерно посередине между внутренним, более ярким кольцом и шаром Сатурна. Двумя неделями позже, но до того, как о наблюдении было объявлено в Англии, то же самое явление было замечено преподобным У. Р. Доузом в сравнительно небольшом рефракторе его обсерватории в Уотерингбери, а 3 декабря было описано мистером Ласселлом (который тогда был у него в гостях) как "нечто вроде креповой вуали, закрывающей часть неба внутри внутреннего кольца".<sup>[229]</sup> На следующее утро *Times*, содержащая сообщение об обнаружении Бонда, достигла Уотерингбери. Самым удивительным обстоятельством в этом деле было то, что новый довесок так долго оставался неузнанным. Когда кольца раскрылись в полную силу, это стало очевидно при очень умеренной оптической помощи; однако некоторые из самых проницательных наблюдателей, которые когда-либо жили, используя инструменты огромной мощности, до сих пор не смогли обнаружить его присутствие. Вскоре, однако, выяснилось, что Галле из Берлина<sup>[230]</sup> заметил 10 июня 1838 г. подобное вуали расширение светлого кольца через половину темного пространства, отделяющего его от планеты; но наблюдение, хотя и было сообщено в то время Берлинской академии наук, осталось безрезультатным. Следы темного кольца, более того, были обнаружены на рисунках, выполненных Кампани в 1664 году<sup>[231]</sup> и Гуком в 1666 году;<sup>[232]</sup> в то время как Пикард (июнь 15, 1673),<sup>[233]</sup> Хэдли (весна 1720 г.),<sup>[234]</sup> и Гершель,<sup>[235]</sup> все, несомненно, видели это в виде темной полосы или пояса, пересекающего земной шар Сатурна. Таким образом, она не имела недавнего

происхождения, но, по-видимому, были основания полагать, что в последнее время она значительно приобрела яркость. Полное значение этого предполагаемого изменения было сохранено для дальнейшего расследования.

То, что мы можем, в определенном смысле, назвать завершающим результатом гонки за открытиями, в которую, казалось, в то время были вовлечены несколько наблюдателей, было установление на удовлетворительной основе нашего знакомства с зависимой системой Урана. Сэр Уильям Гершель, чьи исследования сформировали во многих различных направлениях астрономических исследований отправные точки будущих знаний, обнаружил 11 января 1787 г.[\[236\]](#) две луны Урана, с тех пор называемые Оберон и Титания, и установил любопытное обстоятельство их движения в плоскости, почти перпендикулярной эклиптике, в направлении, противоположном направлению всех ранее известных обитатели (кроме кометных) солнечного царства. Он полагал, что время от времени мельком видел еще четверых, но так и не смог убедиться в их реальном существовании. Даже два первых оставались невидимыми для него самого до 1828 года, когда его сын повторно наблюдал за ними с помощью 20-футового отражателя, подобного тому, с помощью которого они были обнаружены первоначально. С тех пор они оставались в пределах видимости, но их четверо сомнительных спутников, несмотря на несколько ложных тревог об обнаружении, оставались в том сомнительном состоянии, в котором их оставил Гершель. Наконец, 24 октября 1851 г.,[\[237\]](#) после нескольких лет бесплодных наблюдений Ласселл заметил "Ариэль" и "Умбриэль", двух уранианских спутников, находящихся внутри Оберона и Титании и имеющих примерно половину их яркости; так что их раскрытие до сих пор считается одним из самых высоких доказательств инструментальной мощи и совершенства. По всей вероятности, тогда они были замечены впервые; ибо, хотя профессор Холден[\[238\]](#) привел правдоподобные доводы в пользу того, что Гершелю поочередно удавалось видеть каждую из них, аргумент Ласселла[\[239\]](#) то, что яркий свет планеты в большом зеркале Гершеля, должно быть, сделал почти невозможным восприятие объектов, столь крошечных и близких к ее диску, кажется убедительным доказательством обратного. Таким образом, Урану сопутствуют четыре луны, и, насколько известно в настоящее время, не более. Среди наиболее важных "отрицательных результатов"[\[240\]](#), полученных в результате наблюдений Ласселла на Мальте в 1852-53 и 1861-65 годах, были предоставленные ими убедительные доказательства того, что без значительного

увеличения оптической мощности больше нельзя увидеть спутники Нептуна или Урана, и, как следствие, исключено загадочное открытие Гершеля. квартет, несмотря на бесспорное место, долгое время отводимое им в учебниках астрономии, - Нирвана небытия.

## СНОСКИ:

[195] Указ., т. i., стр. 107. Он поместил, но только в качестве эксперимента, другое подобное тело между Меркурием и Венерой.

[196] *Allgemeine Naturgeschichte* (ed. 1798), pp. 118, 119.

[197] *Краткий космологический отчет*, № 1 (цитируется Фон Заком, *Monat. Korr.*, том iii, стр. 592).

[198] Второе изд., стр. 7. См. Боде, *Фон дем нойен Хауптпланетен*, стр. 43, примечание.

[199] Репрезентативные числа получены путем добавления 1 к следующему ряду (неправильному, как будет замечено, в его первом элементе, который должен быть  $1/2$  вместо 0); 0, 3, 6, 12, 24, 48, и т.д. Формула является чисто эмпирической и, более того, полностью ошибочна в отношении расстояния до Нептуна.

[200] *Мона т. Кorr.*, том iii., стр. 596.

[201] Вольф, *Основные положения астрономии*, стр. 648.

[202] Такие изменения направления в видимых движениях планет являются следствием обращения Земли по своей орбите.

[203] *Философская диссертация об орбите планеты*, 1801. См. Wolf, *Gesch. d. Astr.*, стр. 685.

[204] Наблюдения Урана как предполагаемой неподвижной звезды начались в 1690 году.

[205] Он мельком увидел это 7 декабря, но плохая погода помешала подтвердить его подозрения. *Monat. Korr.*, том v., стр. 171.

[206] Фрагменты планет, разлетевшиеся в любом направлении и с любой скоростью, кроме той, которая навсегда освободила бы их от влияния Солнца, продолжали бы описывать эллиптические орбиты вокруг солнца, проходя через место взрыва и, таким образом, имея общую линию пересечения.

[207] *Фил. Пер.*, том. xcii., часть ii., стр. 228.

[208] *Там же.*, стр. 218. В письме фон Заку от 24 июня 1802 года он говорит о Палладе как о "почти невероятно маленькой" и определяет ее диаметр всего в семьдесят английских миль. *Monat.*

Корр., том vi., стр. 89, 90.

[209] Олберс, *Мона т. Корр.*, том vi., стр. 88.

[210] *Общие положения* за 1814 год, стр. 218.

[211] *Популярная астрономия*, стр. 327.

[212] *Месяц. Не.*, т. vii., стр. 299; т. viii., стр. 1.

[213] *Там же.*, стр. 146.

[214] Эйри, *член R. A. S.*, том xvi., стр. 386.

[215] См. публикацию Ньюкомба. *Астр.*, стр. 359. Погрешность Урана составила в 1844 году 2'; но даже портной из Бреслау, чье необычайное зрение отмечает Гумбольдт (*Космос*, Bd. ii., стр. 112), смог увидеть первый спутник Юпитера только при его наибольшем удлинении, 2' 15'. Однако он, возможно, различил бы два объекта *сравным* блеском на меньшем расстоянии друг от друга.

[216] Дж. У. Л. Глейшер, *Обсерватория*, том xv., стр. 177.

[217] *Мет. R. A. S.*, том xvi., стр. 399.

[218] О доле Д'Арреста в обнаружении см. *Коперник*, том ii., стр. 63, 96.

[219] *Мет. R. A. S.*, том xvi., стр. 412.

[220] Он записал расположение 3150 звезд (три из которых имели разные положения планеты) и готовился нанести их на карту, когда 1 октября из Берлина пришло известие об открытии. Профессор. *Отчет* Чаллиса, цитируемый в некрологе за *месяц. Нет.*, февраль 1883 г., стр. 170.

[221] См. Эйри в *документе R. A. S.*, том xvi., стр. 411.

[222] Он умер 21 января 1892 года на 71-м году жизни.

[223] Бухгалтерская книга, *Солнце, его планеты и их спутники*, стр. 414.

[224] Подарена мисс Ласселл Гринвичской обсерватории после смерти их отца.

[225] *Astr. Журнал.*, № 508.

[226] *Отчет Военно-морской обсерватории США за 1900 г.*, стр.

[227] Предоставить, *Историю. из Астр.*, стр. 271.

[228] *Месяц. Не.*, том ix., стр. 91.

[229] *Месяц. Не.*, том xi., стр. 21.

[230] *Astr. Нач.*, № 756 (2 мая 1851 г.).

[231] *Фил. Пер.*, т. i., стр. 246. См. Х. Т. Вивиан, *англ. Механик.*, 20 апреля 1894 г.

[232] *Секки, месяц. Не т.*, том. xiii., стр. 248.

[233] *Хинд, там же.*, том xv., стр. 32.

[234] *Линн, Обсерватория*, 1 октября 1883 г.; *Хэдли, Фил. Пер.*, том. xxxii., стр. 385.

[235] *Проктор, Сатурн и его система*, стр. 64.

[236] *Фил. Пер.*, том. lxxvii., стр. 125.

[237] *Месяц. Не.*, том xi., стр. 248.

[238] *Там же.*, т. xxxv., стр. 16-22.

[239] *Там же.*, стр. 26.

[240] *Там же.*, том xli., стр. 190.

## ГЛАВА V

### КОМЕТЫ

Ньютон показал, что тела, известные как "кометы", или *мохнатые* звезды, подчиняются закону тяготения; но ни в коем случае не было уверенности в том, что особь того вида, который он наблюдал в 1680 году, является постоянным членом солнечной системы. Фактически, скорость его обращения вокруг Солнца была, вполне возможно, достаточной, чтобы навсегда унести его в глубины космоса, где он мог бы скитаться, как небожитель, от звезды к звезде. Однако с другой кометой, появившейся два года спустя, дело обстояло иначе. Эдмунд Галлей, впоследствии сменивший Флемстида на посту королевского астронома, рассчитал элементы ее орбиты на основе принципов Ньютона и обнаружил, что они настолько похожи на те, которые были получены аналогичным образом для комет, наблюдававшихся



Питером Апианом в 1531 году и Кеплером в 1607 году, что почти заставляют сделать вывод, что все три были проявлениями одного тела. Это подразумевало, что его революция продлится около семидесяти шести лет, и Галлей, соответственно, назначил его возвращение на 1758-9 годы. Он настолько глубоко осознал важность этого сообщения, что обратился к "честному потомству" в случае его проверки с просьбой признать, что открытие принадлежит англичанину. Предсказание было одним из тестовых вопросов, поставленных Наукой Природе, от ответов на которые во многом зависят как развитие знаний, так и убежденность в их реальности. В данном случае можно сказать, что полученный ответ заложил фундамент этой области астрономии. Комета Галлея точно появилась снова на Рождество 1758 года и совершила прохождение перигелия 12 марта следующего года, тем самым неоспоримо доказав, что по крайней мере некоторые из этих неустойчивых тел приручены в нашей системе и строго соответствуют если не ее неписаным обычаям (так сказать), то, во всяком случае, ее фундаментальным законам. Короче говоря, их движения были продемонстрированы с помощью самого неопровержимого из всех аргументов — проверенного расчета — как *поддающиеся вычислению*, и их исследование было возведено в законный раздел астрономической науки.

Этот заметный прогресс был главным *результатом*, полученным в рассматриваемой сейчас области исследований в течение восемнадцатого века. Но прежде чем он закрылся, его выращивание получило мощный стимул благодаря изобретению улучшенного *метода*. Имя Олберса уже привлекало внимание наших читателей в связи с открытиями астероидов; однако это были всего лишь случайные отклонения от пути кометных исследований, которым он неуклонно следовал всю жизнь. Раннее пристрастие к небесам было закреплено именно в этом направлении одним из счастливых вдохновений гения. Однажды ночью 1779 года, когда он наблюдал за происходящим у постели больного товарища по медицинскому факультету в Геттингене, ему пришло в голову важное упрощение в способе вычисления траекторий комет. Хотя "метод Олберса" не был обнародован до 1797 года, он был тогда повсеместно принят и до сих пор считается наиболее быстрым и удобным в тех случаях, когда не требуется абсолютной строгости. Благодаря его введению было не только сэкономлено много тяжелых и неблагодарных часов, но и увеличилось число работников, которые были поощрены к занятиям, более полезным, чем привлекательным.

Карьера Генриха Олберса - блестящий пример того, чего может

достичь любитель в астрономии. Он ни разу не работал в обсерватории на постоянной основе; у него никогда не было транзистора или какого-либо другого стационарного инструмента; более того, все лучшие годы его жизни были поглощены усердным выполнением тяжелой профессии. Родившийся в 1758 году в деревне Арберген, где его отец был пастором, он поселился в 1781 году в качестве врача в соседнем городе Бремен и продолжал активно практиковать там более сорока лет. Таким образом, только те часы, которые его крепкое телосложение позволяло ему не спать, были доступны для его интеллектуальных удовольствий. И все же, как заметил фон Зак, его отдых был,<sup>[241]</sup> не менее плодотворным по полезным результатам, чем самая тяжелая работа других людей. Верхняя часть его дома на Сандгассе была оборудована такими инструментами и приспособлениями, какие позволяли ограничения пространства, и там, ночь за ночью в течение полувека и более, он обнаруживал, вычислял или наблюдал за кометными посетителями северного неба. Почти столь же эффективным в продвижении интересов науки, как и ценная работа, фактически проделанная им, было влияние его гениальной личности. Он вызывал доверие своим готовым и проницательным сочувствием; он внушал привязанность своим доброжелательным бескорыстием; он оживлял мысль и пробуждал рвение предложениями живого и изобретательного духа, одушевленного самым горячим энтузиазмом в продвижении знаний. Почти каждый астроном в Германии пользовался преимуществами частой активной переписки с ним, и его сообщения в научных периодических изданиях того времени были многочисленными и поразительными. Таким образом, движущая сила его ума была широко ощутима и постоянно находилась в действии. Она не прекратилась полностью даже тогда, когда преклонный возраст и прогрессирующая немощь сделали его неспособным к активным занятиям. Фактически, он был *жив* даже до последнего дня своей долгой жизни, длившейся восемьдесят один год; и его смерть, произошедшая 2 марта 1840 года, оставила вакантной должность, которую редкое сочетание моральных и интеллектуальных качеств сделало уникальной.

Среди многих молодых людей, которых привлекало и стимулировало общение с ним, был Иоганн Франц Энке. Но в то время как Ольберс стал математиком, потому что он был астрономом, Энке стал астрономом, потому что он был математиком. Прирожденный геометр, он, естественно, был отправлен в Геттинген и отдан на обучение Гауссу. Но геометры - это люди, и зараза патриотического пыла, охватившая Германию

после битвы при Лейпциге, не пощадила многообещающего ученика Гаусса. Он вступил в Ганзейский легион с оружием в руках, маршировал и сражался до тех пор, пока угнетатель его страны не укрылся в безопасности за океанскими стенами острова Святой Елены. В ходе своей предвыборной кампании он познакомился с Линденау, воинствующим директором Зеебергской обсерватории, и под его влиянием был назначен его помощником, а в конце концов, в 1822 году, стал его преемником. Оттуда в 1825 году он был переведен в Берлин, где руководил строительством новой обсерватории, столь активно продвигаемой Гумбольдтом, и оставался во главе ее примерно до восемнадцати месяцев после своей смерти в августе 1865 года.

26 ноября 1818 года Понс из Марселя обнаружил комету, чей неприметный вид не давал особых надежд на то, что она станет одним из самых интересных объектов в нашей системе. Энке сразу же взялся за расчет ее элементов и вывел неожиданный результат: она обращается вокруг Солнца за период примерно 3-1 / 3 года.<sup>[242]</sup> Более того, он обнаружил ее идентичность с кометами, замеченными Мехеном в 1786 году, Кэролайн Гершель в 1795 году, Понсом, Хутом и Бувардом в 1805 году, и после шести кропотливых недель исследования возмущений, испытываемых ею от планет в течение всего интервала с момента ее первого установленного появления, он установил 24 мая 1822 года в качестве даты ее следующего возвращения к перигелию. Хотя в тот раз, из-за положения земли, невидимой в северном полушарии, обсерватория сэра Томаса Брисбена в Параматте, к счастью, была готова к повторной съемке, которую Рюмкер осуществил довольно близко к месту, указанному эфемеридами Энке.

Важность этого события может быть лучше понята, если вспомнить, что это был всего лишь второй случай общепризнанного возвращения кометы (возвращение Галлея шестидесятью тремя годами ранее было, как уже говорилось, первым); и что оно, более того, установило существование нового класса небесных объектов, несколько расплывчато обозначаемых как "кометы короткого периода". Эти тела (из которых, как было обнаружено, около тридцати обращаются по орбите Сатурна) примечательны тем, что демонстрируют определенное планетарное сходство в способах своего движения, совершенно не заметное у более широких путешествующих членов их отряда. Все они вращаются, без исключения, в том же направлении, что и планеты, — с запада на восток; они проявляют заметную тенденцию соответствовать зодиакальной траектории, которая

ограничивает перемещения планет на север и юг; и их пути вокруг Солнца, хотя и гораздо более эксцентричны, чем приблизительно круговые орбиты планет, гораздо менее эксцентричны, чем экстравагантно длинные эллипсы, по которым кометы, сравнительно нетренированные (так сказать) в привычках солнечной системы, обычно совершают свои обращения.

Ни одна *большая* комета не относится к "планетарному" типу. Они, действительно, только в виде исключения видны невооруженным глазом; они обладают чрезвычайно слабой способностью образовывать хвост и дают небольшие признаки центрального уплотнения. Тонкие клочья космических облаков, они проносятся в поле зрения телескопа, ощутимо не заслоняя ни одной мельчайшей звезды. Короче говоря, их внешний вид наводит на мысль — что, как мы вскоре увидим, подтверждают некоторые примечательные факты из их истории, — что это тела, уже истощенные и находящиеся на грани распада. Если спросить, можно показать, какая возможная связь существует между краткостью периода, которым они по существу характеризуются, и тем, что мы можем назвать их состоянием *престарелого* возраста, мы не совсем затруднимся с ответом. Замечание Кеплера,<sup>[243]</sup> о том, что кометы поглощаются своими собственными выбросами, несомненно, содержит долю истины. Вещество, выбрасываемое в хвост, должно быть, в подавляющем большинстве своем навсегда потеряно для центральной массы, из которой оно выходит. Правда, по своей природе она непостижимо незначительна; но невосполненные отходы, какими бы незначительными они ни были, не могут сохраняться безнаказанно. Подстрекательство к такому саморазрушению исходит от солнца; соответственно, оно прогрессирует тем быстрее, чем многочисленнее возвращения в окрестности Солнца. Таким образом, разумно ожидать, что кометы с коротким периодом *быстро изнашиваются*.

Более того, они подвержены множеству приключений и превратностей судьбы. Их афелия — или самые удаленные точки их орбит от солнца — обычно, если не всегда, расположены настолько близко к траектории Юпитера или Сатурна, что позволяют этим планетам-гигантам действовать как второстепенным вершителям их судеб. Благодаря их влиянию они, по всей вероятности, изначально были зафиксированы на своих нынешних путях; и благодаря их влиянию, проявленному в противоположном смысле, они могут, в некоторых случаях, в конечном итоге быть выброшены из них. Карьеры, столь разнообразные, как легко себе представить, могут оказаться

поучительными, и астрономы не замедлили извлечь из них те уроки, которые они способны донести. Комета Энке, прежде всего, послужила указателем для получения большого количества любопытной информации, и можно надеяться, что ее функция в этом отношении ни в коем случае не исчерпана. Большая протяженность солнечной системы, пройденная по ее эксцентричному пути, делает его особенно полезным для определения масс планет. В перигелии она проникает в пределы орбиты Меркурия; в афелии она значительно превосходит самый дальний заход Паллады. Его близость к бывшей планете в августе 1835 года предоставила первую удобную возможность поместить это тело на астрономические весы. Ее вес или масса ранее предполагалась, но не была установлена; и сравнительно небольшое отклонение от ее обычного курса, вызванное силой притяжения, оказанной на комету, показало, что оно было принято почти вдвое большим.<sup>[244]</sup> Этот фундаментальный показатель планетарной астрономии — масса Юпитера — был скорректирован аналогичными средствами; и было обнадеживающим обнаружить, что поправка удовлетворительно согласуется с поправкой, уже внесенной в результате наблюдений за движением астероидов.

Тот факт, что кометы сжимаются при приближении к солнцу, был замечен Гевелием; Пингре признал это с нерешительным недоумением;<sup>[245]</sup> пример кометы Энке сделал это заметным и неоспоримым. 28 октября 1828 года диаметр туманной материи, составляющей это тело, оценивался в 312 000 миль. Тогда она находилась примерно в полтора раза дальше от солнца, чем земля в момент равноденствия. 24 декабря следующего года, когда расстояние до него сократилось почти на две трети, было обнаружено, что его диаметр составляет всего 14 000 миль.<sup>[246]</sup> То есть за эти два месяца он сократился до  $\frac{1}{11000}$  части своего первоначального объема! Однако ему предстояло совершить еще семнадцать дней пути, прежде чем он достигнет перигелия. То же самое любопытное обстоятельство стало еще более очевидным при его возвращении в 1838 году. Его объем, или фактически занимаемое им пространство, казалось, уменьшалось по мере приближения к очагу нашей системы в огромной пропорции 800 000 к 1. Соответствующее расширение каждый раз сопровождало ее уход из сферы наблюдения. Аналогичные изменения объема, хотя и редко в такой поразительной степени, наблюдались у других комет. Они все еще остаются необъясненными; но едва ли можно сомневаться в том, что они происходят из-за действия тех же энергичных внутренних сил, которые проявляют себя во многих великолепных и удивительных кометных явлениях.

Другой вопрос, представляющий особый интерес, был поднят острыми исследованиями Энке движений и возмущений первой известной "кометы короткого периода". Он с самого начала обнаружил, что его вращение подвержено какому-то влиянию, помимо силы тяжести. После того, как были сделаны все возможные поправки на притяжение, то назад, то вперед, оказываемое на него несколькими планетами, все еще оставался неучтенный избыток ускорения. Каждое возвращение в перигелий происходило примерно на два с половиной часа раньше, чем того требовали полученные теории. Таким образом, это был "остаточный феномен", чрезвычайно многообещающий для раскрытия новых истин. Энке (в соответствии с мнением Ольберса) объяснил это присутствием в космосе некоей "тонкой материи", на которую давным-давно ссылался Эйлер[247], чтобы быть агентом возможного разрушения справедливой схемы создания планет. Очевидная аномалия объяснения ускоряющего эффекта замедляющей причиной исчезает, если учесть, что любое ограничение движения тел, вращающихся вокруг центра притяжения, заставляет их приближаться к нему, сокращая таким образом их периоды и ускоряя циркуляцию. Если бы космос был заполнен сопротивляющейся средой, способной даже в самой бесконечно малой степени препятствовать быстрому движению планет, их орбиты обязательно представляли бы собой не эллипсы, а очень близкие эллиптические спирали, по которым они медленно, но неизбежно опускались бы в раскаленное лоно солнца. То обстоятельство, что в их революциях нельзя проследить подобной тенденции, никоим образом не снимает вопроса. Ибо вполне может быть, что эффект, совершенно незаметный по прошествии бесчисленных веков в отношении твердых сфер нашей системы, может быть очевиден в движениях таких тел, как кометы малой и большой массы; точно так же, как перо или кисейная вуаль сразу уступают свое движение сопротивлению воздуха, в то время как пушечное ядро прорезает себе путь со сравнительно небольшой потерей скорости.

Таким образом, будет видно, что проблемы самого важного характера зависят от *хронометража* комет; ибо очевидно, что все они должны в той или иной степени сталкиваться с препятствиями того же рода, что и у Энке, если причина этого препятствия та, которую предполагают. Однако ни один из его сородичей не проявляет никаких следов подобных симптомов. Правда, покойный профессор Оппольцер объявил,[248] в 1880 году, что комета, впервые замеченная Понсом в 1819 году и вновь открытая Виннеке в 1858 году, с периодом в 2052 дня ( $5 \cdot 6$  лет), ускорялась при каждом обороте точно так, как того требует теория Энке. Но

последующее исследование М. фон Хердтля, материалы которого включали многочисленные наблюдения рассматриваемого тела при его возвращении к солнцу в 1886 году, решительно опровергло наличие какого-либо подобного эффекта.[249] Более того, исследования Фон Астена и Баклунда[250] движений кометы Энке выявили озадачивающее обстоятельство. Они подтвердили результаты Энке за охватываемый ими период, но показали, что ускорение *внезапно уменьшилось* почти вдвое в 1868 году. Реальность и постоянство этого изменения были полностью установлены наблюдениями за последующим возвращением в марте 1885 года. По-видимому, указаны некоторые физические изменения в теле умственно отсталого; но визуальные свидетельства не подтверждают такого предположения. Внешне комета не менее тонкая и расплывчатая, чем в 1795 или 1848 годах.

Следует отметить, что характер предполагаемого сопротивления в межпланетном пространстве часто понимался неверно. То, что предполагал Энке, было не средой, равномерно распределенной по всей видимой вселенной, такой как эфирный проводник вибраций света, а редкой жидкостью, плотность которой быстро увеличивается по направлению к солнцу.[251] Это не может быть солнечной атмосферой, поскольку математически точно, как показал Лаплас,[252] что никакая оболочка, участвующая в осевом вращении Солнца, не может простираться дальше от его поверхности, чем на девять километров. десятые доли среднего расстояния до Меркурия; в то время как физические доказательства уверяют нас, что *фактическая* глубина солнечной атмосферы имеет очень незначительную пропорцию к *возможной* глубине, теоретически приписываемой ей. Однако то, что материя, не имеющая атмосферы по своей природе, то есть не образующая одно тело с солнцем и не имеющая совершенно воздушной формы, существует по соседству с ним, не может вызывать никаких разумных сомнений. Огромная линзообразная масса зодиакального света, простирающаяся временами далеко за пределы земной орбиты, действительно может рассматриваться как продолжение короны, полосы которой сами по себе отмечают широкое распространение гранулированных или газообразных материалов по всему солнечному шару. Однако известно, что кометы проникают в занимаемую ими сферу без заметной потери скорости. Таким образом, гипотеза о сопротивляющейся среде в настоящее время не находит подтверждения в движениях комет, будь то с короткими или длительными периодами.



Хотя комета Энке совершила тридцать пять полных оборотов по своей орбите с момента своего первого обнаружения в 1786 году, у нее нет определенных признаков распада. Колебания его яркости, правда, заметны, но они не продолжаются непрерывно. [253]

История следующей известной планетоподобной кометы оказалась еще более любопытной, чем история первой. Он был открыт австрийским офицером по имени Вильгельм фон Биела в Йозефштадте в Богемии 27 февраля 1826 года, а десять дней спустя французским астрономом Гамбаром в Марселе. Оба наблюдателя вычислили его орбиту, показали ее замечательное сходство с той, которую пересекали кометы, видимые в 1772 и 1805 годах, и связали их вместе с предыдущими появлениями только что обнаруженного тела, присвоив его обращениям период от шести до семи лет. Два коротких письма, в которых излагались эти поразительно схожие выводы, были напечатаны рядом в одном и том же номере *Astronomische Nachrichten* (№ 94); но приоритет Биелы в открытии кометы был справедливо признан присвоением ей его имени.

Впоследствии, до 1805 года, объект, о котором идет речь, ни разу не был виден невооруженным глазом. Его вид в большом отражателе сэра Джона Гершеля 23 сентября 1832 года был описан им как вид "заметной туманности" диаметром почти 3 минуты. Не было заметно никаких следов хвоста. Пока он наблюдал за ней, она непосредственно пересекала небольшое скопление мельчайших звезд, "и когда попала в скопление", - сообщает он нам, [254] это "представляло собой туманность, которая могла быть разрешена и частично разделена на звезды, звезды скопления были видны сквозь комету". Однако глубина кометного вещества, через которое беспрепятственно проникали такие слабые звездные лучи, вблизи центральных частей земного шара составляла не менее 50 000 миль.

Любопытно обнаружить, что это, казалось бы, безобидное и, возможно, можно добавить, изнеженное тело послужило поводом для первой (и не последней) кометной "паники" просвещенного века. Можно сказать, что ее орбита в нисходящем узле пересекалась с орбитой Земли; поскольку, в зависимости от того, как она *выпира*ла внутрь или наружу под возмущающим влиянием планет, прохождение кометы происходило *внутри* или *снаружи* земной траектории. Теперь, определенные расчеты, опубликованные Олберсом в 1828 году [255] показали, что 29 октября 1832 года значительная часть ее туманного окружения



фактически пронеслась бы над местом, которое месяц спустя будет занято нашей планетой. Больше не требовалось будоражить народное воображение. В конце концов, встревоженная общественность не могла считать астрономов непогрешимыми. Утверждалось, что их расчеты, которые достаточно было бы свести на нет незначительной оплошности, достаточно ясно демонстрировали опасность, но не давали гарантии безопасности от столкновения со всеми ужасающими последствиями, хладнокровно перечисленными Лапласом. Паника не утихала до тех пор, пока Араго официально не продемонстрировал, что земля и комета никоим образом не могут сблизиться менее чем на пятьдесят миллионов миль.[256]

Возвращение того же тела в 1845-46 годах ознаменовалось экстраординарным обстоятельством. Когда его впервые увидели 28 ноября, он имел свой обычный вид слабого круглого пятна космического тумана; но 19 декабря мистер Хинд заметил, что оно несколько исказилось и приобрело форму груши; а десять дней спустя оно разделилось на два отдельных объекта. Это странное дублирование было впервые замечено в Нью-Хейвене в Америке 29 декабря,[257] господами. Херриком и Брэдли, а также лейтенантом Мори в Вашингтоне, 13 января 1846 года. Самым ранним британским наблюдателем этого явления (замеченным Вихманом в тот же вечер в Кенигсберге) был профессор Чаллис. "Я вижу две кометы!" - воскликнул он, устремив взгляд на большую экваториальную точку Кембриджской обсерватории ночью 15 января; затем, не доверяя тому, что подсказывали ему чувства, он призвал свой разум исправить их невероятное сообщение, приняв один из сомнительных объектов за туманную звезду.[258] Однако 23 марта они снова были замечены им в безошибочно узнаваемой кометной форме и продолжались до конца марта (Отто Струве последний раз увидел пару 16 апреля), [259] астрономы во всех частях северного полушария продолжали наблюдать за ним с равным любопытством и изумлением. То, за предположение о чем Сенека упрекал Эфора в 373 году до н.э. — то, за предположение о чем Пингре обвинял Кеплера в 1618 году, — тогда на самом деле происходило под внимательными глазами науки в середине девятнадцатого века!

Находясь друг от друга примерно на расстоянии двух третей расстояния Луны от земли, кометы-близнецы тем временем спокойно двигались дальше, по крайней мере, пока речь шла об их движении по небу. Их чрезвычайная *легкость* или небольшое количество вещества, содержащегося в каждом из них, не могли бы получить более яркого подтверждения, чем тот факт, что их

обращения вокруг Солнца совершались независимо; иными словами, они двигались бок о бок, не испытывая какого-либо заметного взаимного возмущения, таким образом ясно показывая, что на расстоянии всего 157 250 миль их сила притяжения практически не действовала. Признаков внутреннего волнения, однако, было предостаточно. Каждый фрагмент выбрасывал короткий хвост в направлении, перпендикулярном линии, соединяющей их центры, и у каждого развилось яркое ядро, хотя первоначальная комета не проявляла ни одного из этих признаков кометной жизнеспособности. Кроме того, наблюдался странный обмен блеском, происходящий между соединенными объектами, каждый из которых попеременно затмевал другой и был затмлен им, в то время как дуга света, очевидно исходящая от более яркого, иногда перекрывала промежуточное пространство. Очевидно, что гравитационная связь, ставшая бессильной из-за неопределенности материи, была здесь заменена какой-то другой формой взаимодействия, о природе которой пока можно судить только по догадкам.

Еще раз, в августе 1852 года, двойная комета вернулась в окрестности Солнца, но при обстоятельствах, не самых благоприятных для наблюдения. Действительно, спутник был обнаружен только 16 сентября, когда отец Секки в Риме заметил, что его расстояние от исходного тела увеличилось до миллиона с четвертью миль, что примерно в восемь раз превышает средний интервал при первом появлении. Вскоре после этого оба исчезли, и с тех пор их никто не видел, несмотря на настойчивое наблюдение за объектами, представляющими такой исключительный интерес, и точное знание их пути, полученное в результате исследований Сантини. Считается, что опасное сближение с Юпитером в 1841 году привело к их разрушению, и начавшийся таким образом процесс дезагрегации, вероятно, продолжался. Мы едва ли можем сомневаться в том, что их постигла судьба, которую Ньютон определил как конец всего кометного существования. *Diffundi tandem et spargi per caelos universos.*[260]

Комета Биелы - не единственная исчезнувшая комета. Звезда Брорсена, открытая в Киле в 1846 году и наблюдавшаяся при четырех последующих возвращениях, необъяснимым образом не стала видимой в 1890 году.[261] Однако многочисленные стражи были начеку, чтобы застать врасплох его приближение по хорошо изученному пути, пройденному за пять с половиной лет. Объект с самого начала представлял собой несколько потрепанный временем вид. Он был лишен хвоста или какого-либо другого

придатка; и быстрая потеря света, приобретенного во время прохождения перигелия, сопровождалась чрезмерным расширением и без того разреженной шаровидной массы. Еще одна потерянная или затерянная комета - это комета, найденная Де Вико в Риме 22 августа 1844 года. Ожидалось, что она вернется в начале 1850 года, но этого не произошло, и с тех пор ее никогда не видели; если только ее повторное появление в виде кометы Э. Свифта 1894 года не будет подтверждено более тщательным исследованием.[262]

Телескопическая комета с периодом обращения 7-1/2 лет, открытая 22 ноября 1843 года М. Файе из Парижской обсерватории, стала предметом характерно терпеливого и глубокого исследования со стороны Леверье, направленного на проверку предполагаемой идентичности с кометой Лекселла 1770 года. Результат был решающим против гипотезы Вальца: было обнаружено, что расхождения между орбитами двух тел увеличиваются, а не уменьшаются, поскольку история пришельца была прослежена в прошлом столетии.[263] Комета Фэя движется по наиболее близкой к кольцевой траектории из всех подобных известных объектов; даже при ближайшем приближении к Солнцу она остается дальше, чем Марс, когда он наиболее удален от него; и это было доказано замечательными исследованиями профессора Акселя Меллера,[264] директор шведской обсерватории в Лунде, не обнаружил следов воздействия сопротивляющейся среды.

Периодические кометы, очевидно, представляют собой тела, каждое из которых пережило свою главу аварий, и важный намек на природу их приключений можно извлечь из того факта, что их афелии довольно тесно сгруппированы вокруг траекторий главных планет. Таким образом, комета Галлея и пять других комет связаны с Нептуном; три связывают себя с Ураном, две - с Сатурном, более десяти - с Юпитером. Некоторая форма зависимости явно обозначена и в исследованиях Тиссерана,[265] Калландро,[266] и Ньютона[267] из Йельского колледжа, едва ли оставляют сомнения в том, что "теория захвата" представляет основную истину в этом вопросе. Первоначальные параболические траектории этих комет затем были изменены на эллипсы обратным притяжением планеты, в сферу притяжения которой они случайно попали, приближаясь к солнцу из космоса. Более того, поскольку пораженное таким образом тело при каждом обороте обязательно должно возвращаться на место столкновения, один и тот же процесс замедления в некоторых случаях мог повторяться много раз, пока более ограниченные

орбиты комет не были уменьшены до их нынешних размеров. Преобладание прямого движения также среди периодических комет неизбежно, как показывает демонстрация М. Калландро, что те, которые движутся в ретроградном направлении, из-за действия планет будут выброшены за пределы вероятного диапазона наблюдения с земли. Аналогично можно объяснить редкость гиперболических комет. Они создавались бы всякий раз, когда притягательное влияние возмущающей планеты проявлялось бы в прямом или ускоряющем смысле, но могли бы привлечь наше внимание только в виде редкого исключения. Внутренние планеты, включая Землю, также, несомненно, сыграли свою роль в изменении орбит комет; и м-р Пламмер не без основания предполагает, что захват кометы Энке может быть достижением Меркурия.[268]

Ни одна *большая* комета не появлялась между "звездой", которая руководила рождением наполеона, и "винтажной" кометой 1811 года. Последний был впервые описан Флаугергом в Вивье 26 марта 1811 года; Вишневский в Ной-Черкаске на юге России в последний раз увидел его 17 августа 1812 года. Два исчезновения в солнечных лучах во время движения Земли по своей орбите и два повторных появления после соединения были включены в этот беспрецедентно длительный период видимости в 510 дней. Это относительное постоянство (насколько это касалось жителей Европы) объяснялось высокой северной широтой, достигнутой вблизи перигелия, в сочетании с определенной неторопливостью передвижения по пути, повсюду отличному от земного. Великолепный светящийся шлейф этого тела 15 октября, в день его ближайшего сближения с землей, охватил небесную дугу длиной 23-1/2 градуса, что соответствует реальной протяженности в сто миллионов миль. Сэр Уильям Гершель описал его форму как "перевернутый полый конус", а цвет - как желтоватый, резко контрастирующий с голубовато-зеленым оттенком "головы", вокруг которой он был наброшен, как прозрачная вуаль. Планетный диск головы, 127 000 миль в поперечнике, по-видимому, состоял из сильно конденсированной туманной материи; но несколько эксцентрично внутри него располагалось звездообразное ядро красноватого оттенка, которое Гершель предположил как твердое и установил, с присущей ему тщательностью, что его диаметр составляет 428 миль. Из полного отсутствия фаз, а также из живости его сияния он уверенно заключил, что его свет был не заимствованным, а врожденным. [269]

Это замечательное явление послужило предметом мемуаров

Олберса,[270] содержались поразительные, но неуклонно аргументированные предложения, которые в то время не было средств реализовать с пользой. Только в последнее время стала "электрическая теория", о которой Zöllner[271] Олберс рассматривается как основатель, предполагается определенной и измеримой форме, может быть испытан пробным камнем того, как знание делает его медленным набегом на фундаментальные тайны Вселенной.

Параболоидальная форма яркой оболочки, отделенной темным промежутком от головы большой кометы 1811 года и составляющей, так сказать, *корень* ее хвоста, показалась бременскому астроному свидетельствующей о наличии двойного отталкивания; выбрасываемые пары скапливались там, где две силы, солнечная и кометная, уравновешивали друг друга, а затем огромным шлейфом уносились назад. Соответственно, он выделил три класса этих тел: — Во-первых, кометы, которые *не* образуют материю, подверженную солнечному отталкиванию. У них нет хвостов, и, вероятно, это просто туманности без твердых ядер. Во-вторых, кометы, на которые действует *только* солнечное отталкивание, и, следовательно, они не испускают никаких эманаций в направлении. Такой была яркая комета, видимая в 1807 году.[272] В-третьих, кометы, подобные комете 1811 года, свидетельствуют о действии обоих видов. Они отличаются темным *обручем*, охватывающим голову и отделяющим ее от светящейся оболочки, а также неясной хвостовой осью, возникающей в результате полого, конусообразного строения хвоста.

Опять же, остроумный взгляд, впоследствии выдвинутый М. Бредихиным относительно связи между *формой* этих придатков и *видом* вещества, из которых они состоят, был очень четко предвосхищен Олберсом. Величина искривления хвоста, указал он, зависит в каждом конкретном случае от соотношения скорости восходящих частиц и скорости кометы на ее орбите; чем быстрее выброс, тем прямее образующийся хвост. Но скорость восходящих частиц изменяется в зависимости от энергии их отталкивания солнцем, и это, опять же, можно предположить, зависит от их качества. Таким образом, когда одна и та же комета выбрасывает при приближении к перигелию специфически различные вещества, образуется множество хвостов. Длинный прямой луч, исходивший от кометы 1807 года, например, несомненно, состоял из частиц, подверженных гораздо более

сильному солнечному отталкиванию, чем те, которые сформировались в более короткое изогнутое излучение, исходящее от нее почти в том же направлении. В "комете 1811 года" он подсчитал, что частицы, выброшенные из головы, добирались до отдаленного конца хвоста за одиннадцать минут, указывая на эту огромную скорость движения (сравнимую с передачей света), что свидетельствует о действии силы, намного более мощной, чем противодействующая сила тяжести. С другой стороны, нередкие явления множественных оболочек он объяснил различной степенью отталкивания, оказываемого самим ядром на различные виды материи, образующиеся из него.

Движения и возмущения кометы 1811 года были изучены Аргеландером не менее глубоко, чем ее физическое строение Ольберсом. Орбита, которую он ему присвоил, имеет такие огромные размеры, что для завершения ее обращения требуется не менее 3065 лет; и чтобы тело, описывающее ее при каждом обороте, находилось на расстоянии, в четырнадцать раз превышающем расстояние от солнца холодного Нептуна. Таким образом, когда он в последний раз посещал наши окрестности, Ахилл, возможно, смотрел на его внушительную процессию, всю ночь пролежав на песке, оплакивая потерю Патрокла; и когда он вернется, возможно, ему предстоит воссиять над руинами империй и цивилизаций, все еще глубоко погребенных среди тайн грядущего времени.[273]

26 июня 1819 года, когда голова кометы проходила по лику Солнца, земля, по всей вероятности, была вовлечена в ее хвост. Но об этом замечательном двойном событии ничего не было известно до тех пор, пока более месяца спустя факт его прошлого возникновения не выявился из расчетов Ольберса.[274] Да и сама комета не была видна в целом до первых дней июля. Однако несколько наблюдателей после публикации этих результатов представили отчеты о необычных пятнах, замеченных ими на солнце во время прохождения, и сохранился оригинальный рисунок одного из них, сделанный Пасторфом из Бухгольца. Это несомненно аутентичное изображение[275] представляет собой круглый туманный объект с ярким пятном в центре, явно кометного вида, и ни в малейшей степени не похожий на обычное солнечное "пятно". Мистер Хинд,[276] тем не менее, показал, что ее положение на солнце несовместимо с тем, которое должна была занимать комета; и открытие мистером Рэньярдом аналогичного меньшего рисунка того же автора, датированного 26 мая 1828 г.,[277] сводит к мимолетности вероятность его связи с этим телом. Действительно, недавний опыт делает весьма

сомнительной возможность такого наблюдения.

Возвращение кометы Галлея в 1835 году ожидалось как возможность проверить истинность теорий о плавающих кометах, и оно не совсем обмануло ожидания. Еще в 1817 году его движения и возмущения с 1759 года были предложены Туринской академией наук в качестве темы премии, в конечном итоге присужденной барону Дамуазо. Понтекулан был удостоен аналогичной награды Парижской академией в 1829 году; в то время как расчеты Розенбергера были отмечены золотой медалью Королевского астрономического общества.[278]

Они были подтверждены обнаружением в Риме 6 августа 1835 г. почти круглого туманного объекта недалеко от предсказанного места падения кометы. Однако только в середине сентября он начал выпускать хвост, который к 15 октября достиг длины около 24 градусов (19 октября, в Мадрасе, она достигла целых 30),[279] голова, видимая невооруженным глазом как красноватая звезда, более яркая, чем Альдебаран или Антарес.[280] Некоторые любопытные явления сопровождали процесс формирования хвоста. Поток светящегося вещества, напоминающий по форме частично раскрытый веер, вырвался из ядра *по направлению к* солнцу и в определенный момент, подобно дыму, гонимому сильным ветром, был яростно отброшен назад длинным шлейфом. Появление кометы в это время было сравнено Бесселем,[281] который наблюдал за ней с пристальным вниманием, с появлением пылающей ракеты. Он сделал необычное наблюдение, что этот веер света, который, по-видимому, был источником питания хвоста, колебался подобно маятнику взад и вперед по линии, соединяющей солнце и ядро, в течение 4-3 / 5 дней; и он не смог избежать вывода[282], что речь шла о силе отталкивания, примерно в два раза превышающей силу притяжения гравитации. в производстве этих замечательных эффектов. Он также не постеснялся вернуться к аналогии с магнитной полярностью или заявить, еще более решительно, чем Ольберс, что "излучение хвоста является чисто электрическим явлением".[283]

Трансформации, претерпеваемые этим телом, были почти такими же странными и полными, как те, что затронули разбойников в Аду Данте. Когда ее увидели впервые, она имела вид туманности; позже она приобрела характерный вид кометы; затем она появилась как звезда; наконец, она расширилась, сначала в сферическую, затем в параболоидальную форму, до 5 мая 1836 года, когда она исчезла из поля зрения Гершеля в Фельдхаузене,



как будто растворившись в прилегающем пространстве из-за чрезмерного распространения своего света. Очень необычным обстоятельством в его развитии было то, что он потерял все следы хвоста *до* своего прибытия в перигелий 16 ноября. Более чем через два месяца после этого она начала восстанавливать свою удлинненную форму. 23 января Богуславский увидел ее как звезду шестой величины, *без заметного диска*.<sup>[284]</sup> Всего две ночи спустя Маклир, директор Кейпской обсерватории, обнаружил, что диаметр головы составляет 131 секунду.<sup>[285]</sup> И так быстро прогрессировало увеличение размеров, что, по оценкам сэра Джона Гершеля, фактическая масса этого единственного объекта увеличилась в сорок раз за следующую неделю. "Я едва ли могу сомневаться, - замечает он, - что комета полностью испарилась в перигелии из-за высокой температуры и превратилась в прозрачный пар, а сейчас находится в процессе быстрой конденсации и повторного осаждения на ядре".<sup>[286]</sup> Правдоподобная, но больше неприемлемая интерпретация этого все еще необъяснимого явления. Ожидается, что следующее возвращение этого тела, которое будет значительно ускорено влиянием Юпитера, произойдет в 1910 году.<sup>[287]</sup>

С помощью прибора, разработанного для проверки качества света, Араго получил убедительные доказательства того, что по крайней мере часть излучения, исходящего от кометы Галлея, была получена в результате отражения от солнца.<sup>[288]</sup> Указания того же рода были предоставлены<sup>[289]</sup> кометой, которая внезапно появилась над северо-западным горизонтом Парижа 3 июля 1819 г., после того как окутала (как уже говорилось) наша земная обитель пребывала в своих пленочных придатках; но "полярископ" тогда еще не достиг того совершенства, которое было ему впоследствии придано, и его показания, соответственно, были гораздо менее надежными, чем в 1835 году. Такие эксперименты, однако, в действительности скорее красивы и остроумны, чем поучительны, поскольку как воспламененные, так и затемненные тела обладают способностью отбрасывать падающий на них свет и, следовательно, будут передавать нам из окрестностей солнца частично прямые, частично отраженные лучи, определенная доля которых будет проявлять особенность, известную как поляризация.

С самыми яркими кометами столетия внезапно сравнялся, если не превзошел, необычный объект, вспыхнувший рядом с солнцем 28 февраля 1843 года. Это одновременно заметили в Мексике и Соединенных Штатах, в Южной Европе и в море у мыса Доброй Надежды, где пассажиры на борту "*Оуэна Глендауэра*" были



поражены видом "короткого, похожего на кинжал объекта", который следовал за солнцем по направлению к западному горизонту.<sup>[290]</sup> Во Флоренции Amici обнаружил, что расстояние от центра солнца в полдень составляло всего  $1^{\circ} 23'$  с.ш.; а зрители в Парме могли, укрывшись от прямого дневного света, разглядеть хвост длиной в четыре или пять градусов. Полные размеры этого удивительного приспособления начали раскрываться несколько дней спустя. 3 марта оно достигло  $25^{\circ}$ , а 11-го в Калькутте мистер Клерихью наблюдал второй поток, почти вдвое длиннее первого и составляющий с ним угол  $18^{\circ}$ , который был испущен за один день. Сэр Джон Гершель заметил, что такая быстрота проецирования "создает поразительное впечатление об интенсивности действующих сил". "Ясно, — продолжал он, — что если мы имеем здесь дело с материей, такой, какой мы ее себе представляем, то есть с обладающей инерцией, то она вообще должна находиться под властью сил, несравненно более энергичных, чем гравитация, и совершенно иной природы".<sup>[291]</sup>

17 марта серебристый луч длиной около  $40^{\circ}$  и слегка изогнутый на конце засиял над закатными облаками в этой стране. Ранее не поступало никаких намеков на возможность такого явления, и даже астрономы — поскольку сообщения о молниях через моря пока невозможны — были озадачены. Природа этого явления, действительно, вскоре стала очевидной, но удивление от этого не уменьшалось по мере изучения сопутствующих обстоятельств. Никогда прежде, на памяти астрономов, нашу систему не пересекало тело, делающее такую авантюрную карьеру. Ближайшая аналогия была предложена великой кометой 1680 года (Ньютона), которая промчалась мимо солнца на расстоянии всего 144 000 миль; но даже этот едва заметный интервал — в космическом масштабе — был сокращен почти вдвое в рассматриваемом нами случае. Центр кометы 1843 года приблизился к грозному светилу на расстояние 78 000 миль, оставив, по оценкам, свободное пространство не более 32 000 миль между поверхностями тел, оказавшихся в такой опасной близости. Спасение странника было, однако, обеспечено необычайной быстротой его полета. Он пронесся мимо перигелия со скоростью 366 миль в секунду, которая, если бы продолжалась, облетела бы его вокруг Солнца *задва часа*; и всего за одиннадцать минут больше этого короткого периода он фактически описал половину *кривизны* своей орбиты — дугу в  $180^{\circ}$ , — хотя на путешествие по оставшейся половине, несомненно, уйдет много сотен медленных лет.

Поведение этой кометы можно рассматривать как *важный*

*эксперимент* относительно природы хвостов. Совершенно очевидно, что никакой неподвижный придаток длиной во много миллионов миль не мог бы пролететь, подобно взмаху сабли, от одной стороны солнца до другой за 131 минуту. Таким образом, кометные шлейфы, как их правильно понимал Ольберс, являются эманациями, а не придатками — невообразимо быстрыми потоками очень разреженной материи, большая часть которой, если не вся, надолго отделяется от ядра.

Длина кометы 1843 года, примерно к тому времени, когда ее стали видеть в нашей стране, достигла невероятной длины в 200 миллионов миль.<sup>[292]</sup> Она была узкой и ограничивалась почти параллельными и почти прямолинейными линиями, напоминая — если воспользоваться сравнением Аристотеля — "дорогу" через созвездия; и после 3 марта на ней не было и следа впадины, ось была, на самом деле, более яркой, чем края. В нем отчетливо были заметны те необычные сияния, похожие на полярные сияния, которые придавали "локонам" кометы Карла V. вид, как описал это Кардан, "факела, колеблемого ветром", и нередко наблюдались для характеристики других подобных объектов. Соображение, на которое впервые обратил внимание Ольберс, доказывает, что они возникают в нашей собственной атмосфере. Ибо из-за большой разницы в расстояниях от земли, на которых возникают и заканчиваются такие обширные потоки, свет, исходящий из различных их частей, передается нашим глазам через заметно различающиеся промежутки времени. Следовательно, светящаяся волна, даже если она распространяется мгновенно из конца в конец хвоста кометы, нам может показаться, что ее распространение занимает много минут. Но рассматриваемые свечения проходят так же быстро, как падающая звезда. Следовательно, они земного происхождения.

Периоды величайшего разнообразия были разными вычислителями присвоены телу, достигшему перигелия 27 февраля 1843 г. в 9.47 вечера. Профессор Хаббард из Вашингтона обнаружил, что для завершения оборота требуется 533 года; М. Лоджье и Мове из Парижа посчитали, что истинный срок равен 35;<sup>[293]</sup> Клаузен ожидал его возвращения в конце года между шестью и семью. Недавнее обсуждение<sup>[294]</sup> профессором Крейцем всех доступных данных дает вероятный период в 512 лет для этого тела и исключает его гипотетическую идентичность с кометой 1668 года, известной как "Спина" Кассини.

Теперь можно спросить, какие выводы относительно природы комет были сделаны астрономами на основе значительного

объема нового опыта, накопленного за первую половину текущего столетия? Первое и наиболее достоверное заключалось в том, что материя, из которой они состоят, находится в состоянии крайней разреженности. Многочисленные и заслуживающие доверия наблюдения показали, что самые слабые лучи света могут проходить через несколько сотен тысяч миль их вещества, даже там, где оно, по-видимому, наиболее уплотнено, не будучи заметно ослабленными. Более того, были зарегистрированы случаи, когда звезды, как утверждалось, увеличивали яркость в результате этого процесса!<sup>[295]</sup> 24 июня 1825 года Олберс<sup>[296]</sup> увидел комету, которая тогда была видна полностью, но была уничтожена центральным прохождением слишком маленькой звезды его можно различить невооруженным глазом, при этом его собственный свет остается совершенно неизменным.

Аналогичный эффект был отмечен 1 декабря 1811 года, когда большая комета того года приблизилась так близко к Альтаиру, *люциде* Орла, что звезда, казалось, превратилась в ядро кометы.<sup>[297]</sup> Даже центральное пламя кометы Галлея в 1835 году было бессильно помешать прохождению звездных лучей. Струве<sup>[298]</sup> наблюдал в Дерпте 17 сентября полное затенение, почти центральное; Глейшер<sup>[299]</sup> один (насколько он мог установить), абсолютно восемь несколько дней спустя в Кембридже. Ни в том, ни в другом случае не наблюдалось какого-либо заметного уменьшения света звезды. И снова, 11 октября 1847 года, мистер Доуз,<sup>[300]</sup> исключительно проницательный наблюдатель, отчетливо увидел звезду десятой величины точно в центре кометы, открытой первого числа того же месяца Марией Митчелл из Нантакета.

С другой стороны, имеются многочисленные примеры уменьшения звездного света при аналогичных обстоятельствах;<sup>[301]</sup> и мы встречаем два предполагаемых случая исчезновения звезды за кометой. Вартманн из Женевы наблюдал первое, 28 ноября 1828 г.:<sup>[302]</sup> но его инструмент был неисправен, и затмевающее тело, комета Энке, в остальном оказалась совершенно прозрачной. Второй случай затенения произошел 13 сентября 1890 года, когда было заявлено, что звезда одиннадцатой величины полностью исчезла во время прохождения над ней кометы Деннинга.<sup>[303]</sup>

Из-за неспособности обнаружить какие-либо эффекты преломления в свете звезд, закрытых кометами, был сделан вывод (хотя, как мы теперь знаем, ошибочный), что их состав скорее состоит из пыли, чем из пара; что они состоят не из какого-либо сплошного вещества, а из отдельных твердых частиц, очень

тонко измельченных и широко рассеянных. Этой точке зрения соответствовала известная малость их массы. Лаплас показал, что если количество вещества, образующего комету Лекселла, составляло хотя бы  $1/5000$  от того, что содержится на нашем земном шаре, то эффект ее притяжения при приближении на расстояние 1 438 000 миль от земли 1 июля 1770 года должен был проявиться в удлинении года. И то, что некоторые кометы, во всяком случае, обладают массами неизмеримо ниже этого максимального значения, было ясно доказано невозмущенным параллельным движением двух фрагментов Биелы в 1846 году.

Но открытие в этой области, наиболее характерное для рассматриваемого периода, - это открытие "короткопериодических" комет, из которых четыре[304] были известны в 1850 году. Они, по характеру своего движения, служат связующим звеном между планетарным и кометным мирами, а по природе своей конструкции, по-видимому, отмечают стадию распада комет. То, что кометы представляют собой скорее временные скопления, чем постоянные продукты космического производства, по-видимому, было продемонстрировано разделением и исчезновением одной из них, а также необычными и быстрыми изменениями внешнего вида, которым подвергаются многие, и кажущимся необратимым распространением их вещества, видимым почти у всех. Тогда их можно было бы определить, согласно представлениям о них, распространенным пятьдесят лет назад, как тела, не связанные по происхождению с солнечной системой, но встреченные ею и в некоторой степени присвоенные ей в ее движении в пространстве, обязанные своей видимостью в значительной степени, если не полностью, свету, отраженному от солнца, а своими необычными и поразительными формами действию отталкивающих сил, исходящих от него, причем расплата за их мимолетное великолепие заключается в постепенном опустошении и окончательном рассеянии и исчезновении.

## СНОСКИ:

[241] *Allgemeine Geographische Ephemeriden*, том iv., стр. 287.

[242] *Astr. Jahrbuch*, 1823, p. 217. Период обращения этого тела (1208 дней) значительно короче, чем у любой другой известной кометы.

[243] "Sicut bombyces filo fundendo, sic cometas cauda expiranda consumi et denique mori."—*De Cometis*, Op., vol. vii., p. 110.

[244] Однако по этому вопросу по-прежнему сохраняется значительная неопределенность. Обратная зависимость, предполагаемая Лагранжем как существующая между расстоянием от солнца и плотностью, вывела массу Меркурия на  $1/2025810$  массы Солнца (Лаплас, *Exposition du Syst. du Monde*, т. ii., стр. 50, изд. 1824). Фон Астен вывел из движений кометы Энке в 1818-48 годах значение  $1/7636440$ ; в то время как Баклунд из семи ее возвращений в 1871-1891 годах вывел  $1/9647000$  (*Comptes Rendus*, 1 октября 1894 г.).

[245] Араго, *Ежегодник* (1832), стр. 218.

[246] Хинд, *Кометы*, стр. 20.

[247] *Фил. Пер.*, том. xlv., стр. 204.

[248] *Astr. Nach.*, No. 2,134.

[249] *Comptes Rendus*, т. cvii., стр. 588.

[250] *Воспоминания о Сент-Петер-Бурге*, т. xxxii., № 3, 1884; *Astr. Nach.*, No. 2,727.

[251] *Месяц. Не.*, том xix., стр. 72.

[252] *Мексиканская Селеста*, т. ii., стр. 197.

[253] См. Berberich, *Astr. Nach.*, Nos. 2,836-7, 3,125; Deichmüller, *Ibid.*, No. 3,123.

[254] *Месяц. Не.*, том ii., стр. 117.

[255] *Astr. Nach.*, No. 128.

[256] *Ежегодник*, 1832, стр. 186.

[257] *Ат. Журнал. наук*, том i. (2-я серия), стр. 293. Проф. Расчеты Хаббарда указывали на вероятность того, что окончательное

разделение двух ядер произошло уже 30 сентября 1884 года. *Астрономический журнал* (Gould's), том iv., стр. 5. См. также, по поводу этой кометы, У. Т. Линн, *Интеллектуальный наблюдатель*, том xi., стр. 208; Э. Леджер, *Обсерватория*, август 1883 г., стр. 244; и Х. А. Ньютон, *Журнал Ам. науки*, том. xxxi., стр. 81, февраль 1886г.

[258] *Месяц. Не.*, том vii., стр. 73.

[259] *Бюллетень Ас. Imp. de St. Petersburg*, т. vi., col. 77. Последнее наблюдение родительского ядра было проведено Аргелендером 27 апреля в Бонне.

[260] Д'Аррест, *Astr. Nach.*, No. 1,624.

[261] *Комета Брорзена*. Фон Доктор Э. Лэмп, Киль, 1892; Пламмер, *Знание*, том xix., стр. 41.

[262] Шульхоф, *Астр. Нач.*, № 3267; *Обсерватория*, том. xviii., стр. 64; Ф. Х. Сирс, *Astr. Нач.*, № 3,606-7; Пламмер, *Знание*, том xix., стр. 156.

[263] *Comptes Rendus*, т. xxv., стр. 570.

[264] *Месяц. Не.*, том xii., стр. 248.

[265] *Бычий текст. Астр.*, т. vi., с. 241, 289.

[266] *Étude sur la Théorie des Comètes périodiques. Annales de l'Observatoire*, t. xx., Paris, 1891.

[267] *Амер. Journ. науки*, том. xlii., стр. 183, 482, 1891.

[268] *Обсерватория*, том xiv., стр. 194.

[269] *Фил. Пер.*, том iii., стр. 118-124.

[270] *Ueber den Schweif des grossen Cometen von 1811, Monat. Korr.*, том xxv., стр. 3-22. Перепечатано Зеллнером. *Ueber die Natur der Cometen*, pp. 3-15.

[271] *Природа кометы*, стр. 148.

[272] Тема классических мемуаров Бесселя, опубликованных в 1810 году.

[273] Новое исследование его орбиты было опубликовано Н. Герцем из Вены. См. *Буллу. Астр.*, т. ix., стр. 427.

[274] *Astr. Jahrbuch* (Bode's), 1823, p. 134.

[275] Воспроизведено в книге Уэбба "*Небесные объекты*", 4-е изд.

[276] *Месяц. Непт.*, том. xxxvi., стр. 309.

[277] *Небесные объекты*, стр. 40, примечание.

[278] Смотрите Адрес Эйри, *Мет. R. A. S.*, том x., стр. 376.  
Розенбергер больше ничего не рассчитывал, хотя и прожил до 1890 г. У. Т. Линн, *Обсерватория*, том. xiii., с. 125.

[279] Хинд, *Кометы*, стр. 47.

[280] Араго, *Ежегодник*, 1836, стр. 228.

[281] *Astr. Nach.*, No. 300.

[282] Следует отметить, что Роберт Гук сделал очень похожий вывод из своих наблюдений за кометами 1680 и 1682 годов.  
*Месяц. Непт.*, том xiv., стр. 77-83.

[283] *Briefwechsel zwischen Olbers und Bessel*, Bd. ii., p. 390.

[284] Гершель, *Результаты*, стр. 405.

[285] *Мет. R. A. S.*, том x., стр. 92,

[286] *Результаты*, стр. 401.

[287] Понтекулан, *Отчеты*, т. lviii., стр. 825.

[288] *Ежегодник*, 1836, стр. 233.

[289] *Космос*, том i, стр. 90, примечание (перевод Отте).

[290] Гершель, *Очерки астрономии*, стр. 399, 9-е изд.

[291] *Наброски*, стр. 398.

[292] Богуславски подсчитал, что 21 марта она увеличилась до 581 миллиона.—*Отчет. Брит. Асс.*, 1845, стр. 89.

[293] *Comptes Rendus*, t. xvi., p. 919.

[294] *Обсерватория*, vol. xxiv., с. 167; *Астр. Nach.*, No. 3,320.

[295] Пиацици заметил значительное усиление блеска у очень слабой звезды двенадцатой величины, наблюдаемой сквозь комету. Mädler, *Reden*, etc., p. 248, note.

[296] *Astr. Jahrbuch*, 1828, p. 151.

[297] Мэдлер, *Gesch. d. Astr.*, Bd. ii., стр. 412.

[298] *Отзыв об АК. Imp. de St. Pétersbourg*, 1835, p. 143.

[299] "*Мир комет*" Гиллемена, перевод Дж. Глейшера, стр. 294, примечание.

[300] *Месяц. Нет.*, том. viii., стр. 9.

[301] Наблюдения Гершеля за кометой 1807 года, по-видимому, указывают на реальную, хотя и лишь частичную остановку света. Звезды, видимые через хвост, 18 октября, потеряли большую часть своего блеска. Одна возле головы была едва видна проблесками. *Фил. Пер.*, том. xcvi., стр. 153.

[302] Араго, *Ежегодник*, 1832, стр. 205.

[303] *Там же.*, 1891, с. 290.

[304], а именно Энке, Биела, Фэй и Брорсен.

## ГЛАВА VI

### ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Невозможно с разумным интересом следить за ходом астрономических открытий, не испытывая некоторого любопытства относительно средств, с помощью которых были достигнуты такие выдающиеся результаты. Действительно, простое знакомство с тем, что было достигнуто, без какого-либо соответствующего знания о том, как это было достигнуто, дает пищу скорее для бесплодного удивления, чем для плодотворных и прибыльных размышлений. Идеи легче всего продвигаются по твердой почве практической реальности и часто обретают истинное величие, отбрасывая в сторону пустые чудеса. Прогресс является результатом не столько внезапных взлетов гениальности, сколько постоянных, терпеливых, часто банальных усилий; и истинный урок истории науки заключается в тесной связи, которую она раскрывает между самыми блестящими достижениями науки и добросовестным выполнением своей повседневной задачи каждым отдельным мыслителем и работником.

Было бы легко заполнить целый том подробным описанием длинной последовательности оптических и механических усовершенствований, с помощью которых наблюдение за небесами было доведено до нынешней степени совершенства; но



здесь мы должны довольствоваться кратким описанием главных из них. На первое место в нашем рассмотрении, естественно, претендует телескоп.

Вряд ли нужно напоминать нашим читателям, что этот чудесный инструмент бывает двух различных видов — тот, в котором свет собирается в фокус за счет *преломления*, и тот, в котором та же цель достигается за счет *тражения*. Сформированное изображение в каждом случае просматривается через увеличительную линзу или комбинацию линз, называемых окуляром. Не прошло и столетия после того, как "оптические очки", изобретенные или случайно обнаруженные изготовителем очков из Мидделбурга (1608), распространились по Европе, как телескоп-рефлектор вошел во всеобщее употребление даже в Англии, месте его рождения. Его принцип (достаточно очевидный) действительно был предложен Мерсенном еще в 1639 году;<sup>[305]</sup> Джеймс Грегори в 1663 году<sup>[306]</sup> подробно описал способ воплотить этот принцип в практической форме; и Ньютон, приняв оригинальную систему конструкции, фактически изготовил в 1668 году крошечное зеркало диаметром в один дюйм, с помощью которого видимое расстояние до объектов было уменьшено в тридцать девять раз. Тем не менее, непомерно длинные бескамерные рефракторы, представленные Гюйгенсом, сохраняли свою репутацию до тех пор, пока Хэдли не представил Королевскому обществу 12 января 1721 г.<sup>[307]</sup> отражатель с апертурой шесть дюймов и фокусным расстоянием шестьдесят два, который соперничал по производительности и, конечно, бесконечно превосходил по управляемости, один из "воздушных" 123 ноги.

Система вогнутых зеркал теперь получила решительное распространение и была доведена до непревзойденного совершенства Джеймсом Шортом из Эдинбурга в 1732-68 годах. Однако его ресурсы были впервые полностью освоены Уильямом Гершелем. Энергия и изобретательность этого выдающегося человека стали эпохой везде, где они применялись. Его горячее желание измерить колоссальное множество миров, которые открывала ему его спекула, заставляло его постоянно стремиться увеличить их "проникающую в пространство способность" за счет увеличения их поглощающей свет поверхности. Эти, как он объяснил первым,<sup>[308]</sup> находятся в постоянной пропорции друг к другу. Дело в том, что телескоп с вдвое большей линейной апертурой, чем другой, соберет в четыре раза больше света и, следовательно, покажет объект, в четыре раза более слабый, чем можно было бы увидеть с помощью первого, или, что то же самое,

объект, столь же яркий на удвоенном расстоянии. Другими словами, он будет обладать вдвое большей проникающей способностью, чем инструмент меньшего размера. Огромные зеркала Гершеля — первые образцы гигантских телескопов современности — были тогда главным образом двигателями для расширения границ видимой вселенной; и возвышенность этой "конечной причины" проистекала из живого энтузиазма, который приводил его усилия к успеху.

Представляется вероятным, что семифутовый телескоп, сконструированный им в 1775 году — то есть немногим более чем через год после начала его экспериментов по приданию формы и полировке металла, — уже превзошел по эффективной мощности любую работу более раннего оптика; и как его мастерство, так и его амбиции быстро развивались. Его усилия достигли кульминации после того, как зеркала с фокусным расстоянием десять, двадцать и тридцать футов последовательно покинули его руки, превратившись в гигантские сорокафутовые, завершенные 28 августа 1789 года. Это был первый отражатель, в котором использовалось только одно зеркало. В "григорианской" форме сфокусированные лучи за счет второго отражения от маленькой вогнутой[309] зеркала, отбрасываются *прямо назад* через центральное отверстие в большом зеркале, за которым закреплен окуляр. Таким образом, исследуемый объект виден в естественном направлении. "Ньютонианец", с другой стороны, показывает объект в поле зрения под прямым углом к истинному, при этом свет, собираемый зеркалом, отводится в одну сторону трубки за счет расположения небольшого плоского зеркала, расположенного под углом  $45^\circ$  к оси прибора. Над этими двумя системами Гершель работал до 1787 года, когда, убедившись в чрезвычайной важности экономии света (неизбежно расходуемого впустую при втором отражении), он отложил в сторону маленькое зеркало своей сорокафутовой конструкции, находившееся в то время в процессе строительства, и превратил его в отражатель "переднего обзора". Это было сделано — в соответствии с планом, предложенным Лемэром в 1732 году, — путем небольшого наклона зеркала таким образом, чтобы можно было рассматривать формируемое им изображение с помощью монокла, закрепленного на верхнем краю трубки. Таким образом, наблюдатель стоял спиной к объекту, который он рассматривал.

Преимущества повышенной яркости, обеспечиваемой этой модификацией, были поразительно проиллюстрированы открытием 28 августа и 17 сентября 1789 года двух ближайших к кольцу спутников Сатурна. Тем не менее, нельзя сказать, что

гигантский телескоп из Слау оправдал оптимистические ожидания своего конструктора. Случаи, когда его можно было использовать с пользой, были чрезвычайно редкими. Каждое изменение температуры оказывало на него пагубное воздействие. Большой вес (25 квт) зеркала диаметром четыре фута делал его особенно подверженным деформации. При всей мыслимой тщательности нежный блеск его поверхности не мог сохраняться дольше двух лет,[310] когда пришлось провести сложный процесс повторной полировки. Соответственно, им никогда не пользовались после 1811 года, когда, *ослепнув* от сырости, оно постепенно пришло в состояние музейного обитателя.

Чрезвычайно высокая увеличительная способность, использованная Гершелем, представляла собой новинку в оптической астрономии, которой он придавал большое значение. Однако они скорее помешали бы работе обычных наблюдений, чем помогли бы ей. Попытка повысить таким образом эффективность телескопа быстро проверяется атмосферными факторами, не говоря уже о других трудностях. Точно в той же пропорции, в какой увеличивается объект, увеличиваются и возмущения среды, через которую он виден, также. Даже в самые ясные и спокойные ночи воздух ни на мгновение не становится по-настоящему неподвижным. Проходящие через него лучи света постоянно нарушаются мельчайшими колебаниями преломляющей способности, вызванными изменениями температуры и давления, а также токами, которые они порождают. С такими светящимися колебаниями астроному всегда приходится более или менее считаться; их отсутствие - просто вопрос степени; при достаточном увеличении они в любое время способны сделать наблюдение невозможным.

Таким образом, такие мощности, как 3000, 4000, 5000 и даже 6652,[311], которые Гершель время от времени применял к своим большим телескопам, должны, за исключением самых редких случаев, оказаться скорее препятствием, чем подспорьем для зрения. Однако они использовались им только в особых целях, экспериментально, а не систематически, и с самым четким различием их преимуществ и недостатков. Очевидно, что при увеличении *апертуры* и *мощности* телескопа достигаются совершенно разные цели. В одном случае улавливается и концентрируется большее количество света; в другом - то же количество распределяется по более широкой площади. Соответственно, уменьшение яркости изображения происходит, *при прочих равных условиях*, при каждом увеличении его видимого размера. По этой причине такие слабые объекты, как туманности,

наиболее успешно наблюдаются при умеренной мощности, применяемой к инструментам с большой светопропускаемостью, детали их структуры фактически исчезают при сильном увеличении. Со звездными группами дело обстоит наоборот. Звезды нельзя увеличить просто потому, что они слишком удалены, чтобы иметь какие-либо ощутимые размеры; но пространство между ними можно увеличить. Таким образом, с целью разделения очень близких двойных звезд Гершель до такой беспрецедентной степени увеличил возможности своих инструментов; и этому усовершенствованию, кстати, было обязано открытие Урана 13 марта 1781 г.,[312]. Ибо, рассмотрев объект с помощью сильных линз, который даже при мощности 227 Л, имел подозрительный вид, он смог сразу определить, что его диск настоящий, а не просто "поддельный", и, таким образом, безошибочно отличить его от скопления звезд, среди которых он двигался.

В то время как телескоп-рефлектор поражал мир своим быстрым развитием в руках Гершеля, его непритязательный конкурент медленно продвигался к тому положению, которое ему уготовило будущее. Большим препятствием, которое долгое время стояло на пути совершенствования рефракторов, был дефект, известный как "хроматическая аберрация". Это происходит не по какой-либо иной причине, кроме той, которая производит радугу и спектр — разделение или "рассеивание" при прохождении через преломляющую среду разноцветных лучей, составляющих пучок белого света. В обычной линзе нет общей точки фокусировки; каждый цвет имеет свой отдельный фокус; и результирующее изображение, сформированное путем наложения такого количества изображений, сколько оттенков имеется в спектре, бесконечно заканчивается тонированной границей, что в высшей степени затрудняет точность наблюдения.

Непомерно длинные телескопы семнадцатого века были сконструированы для того, чтобы *избежать* этого зла (а также другого источника нечеткого зрения - сферической формы линз); но никаких попыток *исправить* его не предпринималось до тех пор, пока в 1733 году одному джентльмену из Эссекса не удалось так скомбинировать линзы из кремня и корончатого стекла, чтобы добиться бесцветного преломления.[313] Мистер Честер Мор Холл был, однако, в равной степени равнодушен к славе и прибыли и не прилагал никаких усилий, чтобы предать гласности свое изобретение. *Эффективное* открытие ахроматического телескопа было, соответственно, зарезервировано за Джоном Доллондом, чей метод одновременной коррекции хроматической

и сферической аберраций был представлен Королевскому обществу в 1758 году. Можно сказать, что таким образом стала возможной современная астрономия. Рефракторы всегда считались более подходящими для обычной работы обсерваторий, чем отражатели. Они, так сказать, более прочные, а также более пластичные по своей природе. Они меньше страдают от перепадов температуры и климата. Они сохраняют свою эффективность с меньшими предосторожностями и в более сложных условиях. Прежде всего, они легче взаимодействуют с механическими приборами и с гораздо большими возможностями подходят для точных измерений.

Однако практическая трудность помешала реализации блестящих перспектив, открывавшихся перед изобретением Доллонда. Оказалось невозможным раздобыть кремневое стекло, необходимое для оптического использования, то есть совершенно однородного качества, за исключением осколков незначительного размера. Диски диаметром более двух-трех дюймов были чрезвычайной редкостью, а сокрушительный акциз, взимаемый с этого изделия финансовой неразумностью правительства, ограничивал его производство и, делая эксперименты слишком дорогостоящими для повторения, препятствовал их усовершенствованию.

До этого времени Великобритания оставляла иностранных конкурентов далеко позади в инструментальном отделе астрономии. Квадранты и круги Берда, Кэри и Рамсдена не были одобрены за границей. Телескоп-рефлектор появился на свет и достиг зрелости на британской земле. Изобретательность британцев избавила телескоп-рефрактор от присущих ему пороков. Но с началом девятнадцатого века почти нерушимая монополия на мастерство и изобретения, которую удалось установить нашим соотечественникам, была нарушена, и британским рабочим пришлось довольствоваться тем, что они сменили положение превосходства на положение, по крайней мере, частичного временного подчинения.

Примерно в то же время, когда Гершель приступил к полировке своего первого зеркала, Пьер Луи Гинан, швейцарский ремесленник, живший недалеко от Шо-де-Фон в кантоне Невшатель, начал самостоятельно шлифовать очки, что привело его к примитивной конструкции телескопов путем крепления линз в картонных тубусах. Вид ахроматика из Англии пробудил в нем более высокие амбиции, и он воспользовался первой же возможностью, чтобы закупить в Англии немного кремневого

стекла (тогда это был единственный источник поставок) с целью имитации инструмента, все возможности которого ему было суждено скромно развить. Поскольку английское стекло оказалось некачественным, он решил, что может сам, без посторонней помощи и незнания этого искусства, сделать его лучше, и провел семь лет (1784-90) в бесплодных экспериментах, направленных на достижение этой цели. Неудача только подтолкнула его к расширению их масштабов. Он купил участок земли недалеко от Ле-Брене, построил на нем печь, способную выплавлять два центнера стекла, и, ограничив себя и свою семью самым необходимым для жизни, без ограничений вкладывал свои заработки (в то время он изготавливал колокола для повторителей) в свои тигли.<sup>[314]</sup> Его неустрашимая решимость восторжествовала. В 1799 году он привез в Париж и там показал Лаланду несколько дисков из безупречного хрусталя диаметром от четырех до шести дюймов. Лаланд посоветовал ему хранить свой секрет, но в 1805 году его вынудили переехать в Мюнхен, где он стал инструктором бессмертного Фраунгофера. Его возвращение в Ле Брене в 1814 году ознаменовалось открытием остроумного способа удаления полосатых участков стекла путем разбивания и повторной пайки продукта каждой плавки, и в конечном итоге он добился изготовления идеальных дисков диаметром до 18 дюймов. Предметное стекло, материалом для которого он снабдил Кошуа, обеспечило ему в 1823 году королевское приглашение поселиться в Париже; но он уже не мог смириться с такой переменой и умер на месте своих трудов 13 февраля следующего года.

Впоследствии эту же линзу (12 дюймов в поперечнике) приобрел сэр Джеймс Саут, и первое наблюдение, сделанное с ее помощью 13 февраля 1830 года, показало сэру Джону Гершелю звезду шестой минуты в центральной группе туманности Ориона, известную как "трапеция".<sup>[315]</sup> Завещанный Саут Тринити-колледжу в Дублине, он использовался Бруновым и Боллом в обсерватории Дансинк в их исследованиях звездного параллакса. Объектив еще большего размера (почти 14 дюймов), изготовленный из стекла Гинана, был приобретен в Париже примерно в то же время мистером Эдвардом Купером из замка Маркри, Ирландия. Особенность метода, открытого в Ле Брене, заключалась в манипуляциях, а не в качестве ингредиентов; иными словами, секрет был не химическим, а механическим.<sup>[316]</sup> Это было сообщено Генри Гинаном (сыном изобретателя) Бонтемпсу, одному из директоров стекольного завода в Шуази-ле-Руа, и им передано господам Дж. Шанс из Бирмингема, с которым он вступил в партнерство, когда революционные потрясения 1848

года вынудили его покинуть родную страну. Знаменитые американские оптики Alvan Clark & Sons получали от бирмингемской фирмы материалы для некоторых своих ранних телескопов, в частности 19-дюймовых чикагских и 26-дюймовых вашингтонских экваториальных; но диски для рефрактора грейт Лик и других, изготовленных ими в последние годы, были поставлены фирмой Feil из Парижа.

Тем временем два выдающихся любителя готовились подтвердить от имени reflecting instruments свои претензии на почетное место в списке астрономических открытий. О спекуляции мистера Ласселла кое-что уже было сказано.<sup>[317]</sup> Они были составлены из сплава меди и олова с незначительным содержанием мышьяка (по примеру Ньютона<sup>[318]</sup>) и отличались совершенством рисунка и блеска поверхности.

Возможности ньютоновского плана были раскрыты еще более полно — можно сказать, почти до предела — благодаря предприимчивости ирландского дворянина. Уильям Парсонс, известный как лорд Оксмантаун до 1841 года, когда после смерти своего отца он унаследовал титул графа Росса, родился в Йорке 17 июня 1800 года. Его общественные обязанности начались до завершения его образования. Он был возвращен в парламент в качестве члена от округа Кингс, еще будучи студентом Оксфорда, и продолжал представлять тот же избирательный округ в течение тринадцати лет (1821-34). С 1845 года до своей смерти, которая произошла 31 октября 1867 года, он сидел, молчаливый, но усердный, в Палате лордов в качестве пэра-представителя Ирландии; он занимал небезразличный пост президента Королевского общества с 1849 по 1854 год; председательствовал на собрании Британской ассоциации в Корке в 1843 году и был избран вице-канцлером Дублинского университета в 1862 году. В дополнение к этим обширным требованиям, предъявляемым к его времени и мыслям, были те, которые вытекали из его положения практически феодального вождя большой группы арендаторов во времена большой и тревожной ответственности, не говоря уже о более радушных требованиях безграничного гостеприимства. И все же, не пренебрегая никакими общественными или личными обязанностями, этот образцовый дворянин находил досуг для оказания науке столь заметных услуг, которые позволили его имени занять прочное место в ее анналах. Он рано задумал достичь пределов достижимого в увеличении мощности телескопа, и качества его ума вступили в сговор с обстоятельствами его судьбы, чтобы сделать этот замысел осуществимым. Было очевидно, что от производителей



рефракторов нельзя было ожидать такого обширного и быстрого прогресса. Английское стекольное производство все еще находилось в отсталом состоянии. Еще в 1839 году Симмс (преемник выдающегося инструменталиста Эдварда Троутона) сообщил об уникальном в истории английского стеклоделия образце хрусталя диаметром всего 7-1/2 дюйма и совершенством всего более шести.<sup>[319]</sup> Однако в то время пятнадцатидюймовый ахроматический станок Пулковой уже покинул мастерскую преемников Фраунгофера в Мюнхене. Действительно, только в 1845 году, когда самозванство, так долго мешавшее их усилиям, было устранено, художники-оптики этих островов смогли на равных конкурировать со своими соперниками на Континенте. Однако в случае с отражателями, казалось, не было непреодолимого препятствия для почти неограниченного увеличения способности улавливать свет; и именно здесь, после нескольких непродуктивных экспериментов с жидкими линзами, лорд Оксмантаун сосредоточил свою энергию.

Ему приходилось полностью полагаться на собственное изобретение и зарабатывать собственным опытом. Джеймс Шорт решил проблему придания металлическим поверхностям идеальной параболической фигуры (единственной, с помощью которой параллельные падающие лучи могут быть точно сфокусированы); но он так ревниво хранил свой секрет, что перед смертью приказал сжечь все свои инструменты.<sup>[320]</sup> также ничего не было известно о процессах, с помощью которых Гершель добился своих удивительных результатов. Более того, у лорда Оксмантауна не было квалифицированных рабочих, которые могли бы ему помочь. Его орудия труда, как одушевленные, так и неодушевленные, приходилось изготавливать самому. Крестьяне, оторванные от плуга, были воспитаны им как эффективные механики и инженеры. Тонкий и сложный механизм, необходимый для таких тонких операций, как его предприятие, паровой двигатель, который должен был приводить его в движение, а иногда и сами тигли, в которых отливались его спекулы, были изготовлены в его собственных мастерских.

В 1827 году были начаты эксперименты по составу металлического зеркала, а в 1828 году была сконструирована первая в истории полировальная машина, приводимая в движение паром. Но прошло двенадцать напряженных лет борьбы с повторяющимися трудностями, прежде чем забрезжил успех. Материал, менее податливый, чем выбранный сплав, из четырех химических эквивалентов меди и одного олова,<sup>[321]</sup> едва ли может быть понят. Он тверже стали, но хрупкий, как стекло,



рассыпается на осколки при малейшем неосторожном обращении; [322] и точность рисунка, необходимая для обеспечения хорошего изображения, почти не поддается передаче языком.

Задействованные количества настолько малы, что не только ускользают от взгляда, но и сбивают с толку воображение. Сэр Джон Гершель сообщает нам, что "*общая* толщина, которую необходимо соскрести с края сферического зеркала диаметром 48 дюймов и фокусом 40 футов, чтобы преобразовать его в параболоид, составляет всего 1/21333 дюйма";[323] однако от этого незначительного различия в форме зависит четкость изображения и, как следствие, , вся эффективность инструмента. Действительно, "Почти бесконечной" (по выражению покойного доктора Робинсона) должна быть точность операции, адаптированной для достижения столь деликатного результата.

Наконец, в 1839 году два зеркала, каждое по три фута в диаметре, были изготовлены с таким совершенством, что подтолкнули к еще более смелому эксперименту. Различные процессы, необходимые для обеспечения успеха, теперь были установлены и взяты под контроль; все, что было необходимо, - это повторить их в более широком масштабе. Гигантское зеркало шести футов в поперечнике и пятидесяти четырех в фокусном расстоянии было отлито соответственно 13 апреля 1842 года; за два месяца оно было отшлифовано до нужной формы с помощью наждака и воды и изящно отполировано румянами; и к февралю 1845 года "левиафан из Парсонстауна" был доступен для обозрения небес.

Подходящий монтаж этой огромной машины был проблемой едва ли менее сложной, чем ее конструкция. Форму зеркала необходимо поддерживать с особой тщательностью, равной той, которая используется при его придании. Фактически, одно из самых серьезных препятствий на пути увеличения размеров таких отражающих поверхностей заключается в их способности прогибаться под собственным весом. Вес большого зеркала Россе составлял не менее четырех тонн. И все же, несмотря на толщину в шесть дюймов и материал, лишь на градус уступающий по жесткости кованому железу, сильное давление мужской руки на его тыльную сторону привело к достаточному изгибу, чтобы заметно исказить отраженное в нем изображение звезды.[324] Таким образом, изящество его формы было разрушено в равной степени как из-за напряжения его собственной тяжести, так и из-за малейшей неправильности в средствах, принятых для противодействия этому напряжению. Проблема обеспечения идеально ровной опоры во всех возможных положениях была решена путем установки зеркала на двадцать семь платформ из

чугуна, покрытых войлоком и тщательно подогнанных под форму мест, которые они должны были нести, причем сами платформы поддерживались сложной системой треугольников и рычагов, изобретательно приспособленных для распределения веса с полной равномерностью.[325]

Труба, напоминая в вертикальном положении одну из древних круглых башен Ирландии,[326] служила жилищем большому зеркалу. Он был построен из сосновых брусьев, скрепленных железными обручами, имел пятьдесят восемь футов в длину (включая зеркальце) и семь в диаметре. Мужчина достаточно высокого роста может пройти по нему (как это однажды сделал дин Пикок) с поднятым зонтиком. Два опоры из цельного камня, около пятидесяти футов в высоту, семидесяти в длину и на расстоянии двадцати трех друг от друга, окружали огромный паровоз с обеих сторон. Его нижняя оконечность опиралась на универсальный шарнир из чугуна; сверху он был закован в цепи и даже при сильном ветре оставался совершенно устойчивым. Вес всего сооружения, хотя и составлял пятнадцать тонн, был так искусно уравновешен, что трубу можно было с легкостью поднимать или опускать двумя мужчинами, работающими с брашпилем. Его горизонтальный диапазон был ограничен высокими стенами, возведенными для его поддержки, примерно на десять градусов с каждой стороны меридиана; но он простирался вертикально от горизонта через зенит до полюса. Его конструкция была ньютоновой: наблюдатель смотрел в сторону трубы у ее верхнего конца, до которого серия галерей и раздвижных ступеней позволяла ему дотянуться в любом положении. Он также, хотя и редко, использовался без второго зеркала в качестве "гершелевского" отражателя.

Великолепие небесных объектов, наблюдаемых с помощью этого огромного "светоуловителя", превзошло все ожидания. "Никогда в жизни, - воскликнул сэр Джеймс Саут, - я не видел таких великолепных звездных картин".[327] Орбита Юпитера произвела эффект, сравнимый с эффектом от установки фонаря в телескоп; [328] и некоторые звездные скопления проявили внешний вид (мы снова цитируем сэра Джеймса Юг) "такой, какого человек прежде никогда не видел, и который своим великолепием не поддается никакому описанию". Но именно при исследовании туманностей превосходство нового инструмента проявилось наиболее разительно. Большое количество этих туманных объектов, которые, несмотря на все возможности зеркала Гершеля, не смогли распознать в звезды, сразу же попали в парсонстаунский отражатель; в то время как многие другие предстали в

совершенно измененных формах благодаря раскрытию ранее невидимых деталей структуры.

Одним чрезвычайно любопытным результатом увеличения интенсивности света было исчезновение какого-либо резкого различия между двумя классами "кольцевых" и "планетарных" туманностей. До того времени астрономам были известны только четыре кольцеобразные системы - две в северном и две в южном полушарии; теперь они были дополнены пятью планетными системами, диски которых, как было замечено, были перфорированы по центру; в то время как четкие границы, видимые в более слабых инструментах, были заменены рваными краями или нитевидной бахромой.

Еще более поразительным было открытие совершенно нового и наиболее примечательного вида туманностей. Они были названы "спиральными" из-за более или менее правильных завитков, напоминающих завитки раковины, в которых, по-видимому, было распределено вещество, составляющее их. Первый и наиболее заметный экземпляр этого класса был встречен в апреле 1845 г.; он находится в Венецианских камышах, недалеко от хвоста Большой Медведицы, и в приборах сэра Дж. Гершеля имеет вид расщепленного кольца, охватывающего яркое ядро, представляя, таким образом, как он предположил, полный аналог системы Млечного Пути. В зеркале Россэ это сияло как огромный водоворот света — колоссальное свидетельство присутствия космической деятельности в величайшем масштабе, но регулируемой законами, о природе которых мы пребываем в глубоком неведении. Профессор Стивен Александер из Нью-Джерси, однако, пришел к выводу из исследования (обязательно основанного на весьма сомнительных данных) механического состояния этих необычных скоплений, что мы видим в них "частично рассеянные фрагменты огромных масс, когда-то вращавшихся в состоянии динамического равновесия". Далее он предположил, "что разделение этих фрагментов, возможно, все еще продолжается",<sup>[329]</sup> и проследил их происхождение до разрушения в результате собственного постоянно ускоряющегося вращения "примитивного сфероида" невообразимо огромных размеров. Было добавлено, что такова же (криволинейная форма некоторых выделений Млечного Пути, свидетельствующая о спиральной структуре), вероятно, история нашего собственного скопления; входящие в его состав звезды, которые больше не удерживаются вместе в тонко отрегулированной системе, подобной системе Солнца и планет, продвигаются через период кажущейся неразберихи к намеченной цели более высокого

порядка и более совершенной и гармоничной адаптации.[330]

В 1850 году класс спиральных туманностей включал четырнадцать элементов, не считая нескольких, у которых характерное расположение казалось частичным или сомнительным.[331] Аналогичным образом была отмечена тенденция внешних звезд других скоплений собираться в изогнутые ответвления (как в нашей Галактике); и о существовании неожиданных аналогий было заявлено по значительному сочетанию в туманности "Сова" (крупная планетная система в Большой Медведице)[332] из закрученных форм спирали с перфорированным эффектом, характерным для кольцевой туманности. И снова, благодаря достижениям парсонстаунского рефлектора, предположение о "сияющей жидкости", заполняющей обширные области космоса, было подвергнуто (как впоследствии оказалось) незаслуженной дискредитации. Хотя сам лорд Росс отверг вывод о том, что, поскольку было обнаружено много туманностей, все они разрешимы, очень немногие подражали его истинно научной осторожности; и результаты исследований Бонда[333] с рефрактором Гарвардского колледжа ускорили и укрепили течение распространенного мнения. В настоящее время несомненно, что свидетельства, представленные по обе стороны Атлантики относительно звездного состава некоторых заметных объектов этого класса (в частности, туманностей Ориона и "Гантели"), были обманчивыми; но только спектроскоп был способен категорически опровергнуть их. Между тем, казалось, были веские основания для убеждения, которое теперь, в последний раз, взяло верх, что туманности без исключения являются настоящими "островными вселенными", или скоплениями далеких солнц.

Телескоп Лорда Росса обладает номинальной мощностью 6000 вт, то есть он показывает Луну так, как если бы ее видели невооруженным глазом с расстояния сорока миль. Но это кажущееся преимущество нейтрализуется ослаблением доступного света из-за чрезмерного рассеивания, а также проблемами, связанными с бушующим морем воздуха, через которое необходимо производить наблюдение. Профессор Ньюкомб, по сути, сомневается, что с помощью *какого-либо* телескопа наш спутник когда-либо был виден с такой выгодой, с какой он был бы виден невооруженным глазом на расстоянии 500 миль.[334]

Правило французских оптиков об удвоении числа миллиметров,

содержащихся в отверстии прибора, для определения обычно применяемой к нему максимальной силы увеличения, дало бы 3600 как максимум для левиафана из замка Бирр; но в климате, подобном климату Ирландии, случаи, когда даже этот предел может быть достигнут, должны быть редкими. Действительно, опыт, приобретенный при его использовании, ясно показывает, что дальнейшему увеличению мощности телескопа препятствуют скорее атмосферные, чем механические трудности. Соответственно, можно сказать, что его конструкция знаменует *максимальное* усилие в одном направлении и начало его преобразования в другом. С тех пор становилось все более и более очевидным, что условия наблюдения должны быть улучшены, прежде чем ему можно будет придать какую-либо дополнительную эффективность. Был признан полный эффект нестабильного климата, сводящий на нет оптические усовершенствования, и внимание астрономов начало переключаться на преимущества, которые дает более спокойное и прозрачное небо.

Едва ли менее важным для практического использования астрономии, чем оптические качества телескопа, является способ его установки. Самая замечательная работа оптики может быть оказана, но неудовлетворительно, если ее механические принадлежности плохо расположены или неудобны. Таким образом, астроном в конечном счете зависит от механика; и его потребности удовлетворялись настолько превосходно, что история хитроумных приспособлений, с помощью которых были подготовлены открытия, дала бы предмет (здесь мы едва коснемся его), не намного уступающий по объему и поучительности истории самих этих открытий.

Существует два основных способа использования телескопа, по отношению к которым все остальные могут считаться второстепенными.<sup>[335]</sup> Либо он может быть неизменно направлен на юг, без движения, кроме как в плоскости меридиана, чтобы перехватывать небесные тела в момент прохождения через эту равнину; либо он может быть устроен так, чтобы следить за ежедневным оборотом неба, таким образом постоянно удерживая объект в поле зрения, вместо того чтобы просто отмечать момент его пролета через поле зрения телескопа. Первый план - это план "транзитного инструмента", второй - "экваториального". Оба были, по удивительному совпадению, введены около 1690 г.<sup>[336]</sup> Олаусом Ремером, блестящим датским астрономом, который первым измерил скорость света.

Применение каждого из них совершенно разное. С помощью транзита в основном решается действительно фундаментальная задача астрономии — определение движений небесных тел; в то время как исследование их природы и особенностей лучше всего проводить с помощью экваториального. Один из них является инструментом математической, другой - описательной астрономии. Один предоставляет материалы, на которых строятся теории, и тесты, с помощью которых они корректируются; другой регистрирует новые факты, обращает внимание на новые явления, исследует глубины и заглядывает в каждый уголок небес.

Значительное усовершенствование, заключающееся в придании телескопу, установленному на экваторе, автоматического механизма путем соединения его с часовым механизмом, было предложено в 1674 году Робертом Гуком. Брэдли в 1721 году действительно наблюдал Марс в телескоп, "приводимый в движение машиной, которая позволяла ему идти в ногу со звездами";[337] и фон Зак рассказывает[338], что он когда-то двенадцать часов следил за Сириусом на "гелиостате" конструкции Рамсдена. Но эти попытки восемнадцатого века не имели никакого практического эффекта. Часовой механизм был практически полной новинкой, когда он был применен Фраунгофером в 1824 году на Дерптском рефракторе. Просто придав оси, неизменно направленной к небесному полюсу, равномерное вращение с периодом в двадцать четыре часа, прикрепленный к ней телескоп, направленный *в любом* направлении, проследит на небе параллель склонения, таким образом обязательно сопровождая движение любой звезды, на которую он может быть направлен. Соответственно, то, что Фраунгофер обеспечил себе это неоценимое преимущество для наблюдателей, является частью большой суммы заслуг.

Сэр Джон Гершель считал, что применение Ласселлом экваториального монтажа к девятидюймовому ньютоновскому телескопу в 1840 году стало эпохой в истории "этого выдающегося британского инструмента - телескопа-рефлектора".[339] Почти столетием ранее,[340] это правда, Шорт поместил один из своих григорианских символов в сложную систему кругов таким образом, что, перемещая ручку, можно было созданный для того, чтобы следовать за вращением неба; но это устройство не получило и не заслуживало всеобщего одобрения. План Ласселла был совершенно иным; он использовал скрещенные оси истинного экваториала, и его успех в значительной степени устранил фатальное возражение о неудобстве в использовании, до тех пор

неопровержимо выдвигавшееся против отражателей. Самый большой из них теперь может быть установлен на экваторе; даже Россее, в пределах его ограниченного ареала, в течение нескольких лет приводился в движение часовым механизмом вдоль параллелей склонения.

Искусство точного деления дуг окружности на мельчайшие равные части, которые служат единицами астрономического измерения, оставалось на протяжении всего восемнадцатого века почти исключительно в руках англичан. Он был доведен до высокой степени совершенства Грэмом, Бердом и Рамсденом, которые, однако, отдали предпочтение старомодному квадранту фрески и зенитному сектору по сравнению со всем кругом, в использовании которого Ремер уже убедился в преимуществе. Пятифутовый вертикальный круг, который Пиацци с некоторым трудом убедил Рамсдена завершить для него в 1789 году, был первым разделенным инструментом, сконструированным в том, что можно назвать современным стилем. Он был снабжен увеличителями для считывания делений (одно из забытых усовершенствований Ремера) и был установлен над меньшим горизонтальным кругом, образуя комбинацию "высоты и азимута" (опять же изобретение Ремера), с помощью которой можно было измерить как высоту небесного объекта над горизонтом, так и его положение относительно горизонта. В том же году Борда изобрел "повторяющийся круг" (принцип которого был предложен Тобиасом Майером в 1756 году<sup>[341]</sup>), устройство для устранения, насколько это возможно, ошибок градуировки путем *повторения* наблюдений с разными частями конечности. Возможно, это была самая ранняя систематическая попытка исправить недостатки инструментов в зависимости от способа их использования.

Изготовление астрономических кругов было доведено до совершенства в начале девятнадцатого века Райхенбахом в Мюнхене, а после 1818 года Репсольдом в Гамбурге. Бессель утверждает, что<sup>[342]</sup> что "отсчет" на инструменте такого типа, выполненный последним художником, был точным примерно до 1/80 части человеческого волоса. Между тем традиционная репутация английской школы была полностью поддержана; и сэр Джордж Эйри без колебаний выразил свое мнение о том, что новый метод градуировки кругов, опубликованный Троутоном в 1809 году,<sup>[343]</sup> был "величайшим усовершенствованием, когда-либо достигнутым в искусстве изготовления инструментов".<sup>[344]</sup> Но Бессель указал более надежный путь к совершенствованию, чем простая механическая точность. Можно сказать, что его введение регулярной теории инструментальных ошибок создало



новое искусство наблюдения. Каждый инструмент, заявил он в запоминающихся словах, [345] должен быть изготовлен дважды — один раз художником, и еще раз наблюдателем. Знание - сила. Дефекты, которые установлены и могут быть допущены, все равно что несуществующие. Таким образом, трюизм о том, что лучший инструмент ничего не стоит в руках небрежного или неуклюжего наблюдателя, был дополнен обратной максимой о том, что неисправные приборы при умелом использовании могут давать ценные результаты. Кенигсбергские наблюдения — первая часть которых была опубликована в 1815 году, подают пример регулярного "сокращения" инструментальных ошибок. С тех пор изучение *особенностей* каждого из имеющихся в его распоряжении механических устройств стало элементарной частью обязанности астронома, чтобы его неизбежные, но теперь подтвержденные отклонения от идеальной точности могли быть включены в число многочисленных исправлений, с помощью которых чистая сущность даже приблизительной истины отделяется от грубых впечатлений органов чувств.

И этого недостаточно, поскольку случайные обстоятельства, сопровождающие каждое наблюдение, должны приниматься во внимание с не меньшей тщательностью, чем врожденные или *конституционные* особенности инструмента, с помощью которого оно производится. В астрономии не бывает "раз и навсегда". Бдительность никогда не может уснуть; терпение никогда не истощается. Необходимо с тревогой прислушиваться как к переменным, так и к постоянным источникам ошибок; одна бесконечно малая неточность должна быть сопоставлена с другой; все силы и превратности природы — морозы, роса, ветры, теплообмен, возмущающее воздействие силы тяжести, дрожание воздуха, дрожание земли, вес и жизненное тепло собственного тела наблюдателя, более того, скорость, с которой его мозг получает и передает свои впечатления, - все это должно входить в его расчеты и быть отсеяно из его результатов.

Именно в 1823 году Бессель обратил внимание на расхождения во времени прохождений, данные разными астрономами. [346] Задействованные количества были далеко не незначительными. Сам он опережал всех своих современников почти на секунду, Аргеландер отставал от него на целых секунду с четвертью. Фактически, было обнаружено, что каждый индивид обладает определенной *скоростью восприятия*, которая под названием "персональное уравнение" в настоящее время является настолько важным элементом коррекции наблюдений, что в Гринвиче действительно используется специальный инструмент для



точного определения ее величины в каждом конкретном случае.

Таковы тонкости, от которых зависит прогресс современной астрономии. Это наука о крохах и долях секунды. Она существует только благодаря жесткому соблюдению предельной точности и неослабевающему усердию. Какие бы секреты Вселенная ни припасла для человека, они будут сообщены только на этих условиях. Следует признать, что им трудно соответствовать. Они предполагают непрестанную борьбу со слабостями его натуры и неустойчивостью его положения. Но конец не является недостойным требуемых жертв. Один дополнительный луч света, брошенный на чудеса творения, — единственное, мельчайшее посягательство на твердыни невежества — достаточная награда за всю жизнь тяжелого труда. Или, скорее, тяжелый труд сам по себе является наградой, если его выполнять в возвышенном духе, который один только и подобает ему. Ибо она ведет через бездны пространства и бесконечные просторы времени к самому порогу той бесконечности и вечности, раскрытие которых зарезервировано для грядущей жизни.

## СНОСКИ:

[305] Предоставить, *Историю. Астр.*, стр. 527.

[306] *Optica Promota*, стр. 93.

[307] *Фил. Пер.*, том. xxxii., стр. 383.

[308] *Там же.*, том хс., стр. 65.

[309] Француз Кассегрен в 1672 году заменил *вогнутое* вторичное зеркало *выпуклым*. Таким образом, трубу удалось укоротить вдвое по сравнению с фокусным расстоянием рассматриваемого зеркала. Отражатель great Melbourne (апертура четыре фута, автор Grubb) сконструирован по этому плану.

[310] *Фил. Пер.*, том гражданский, стр. 275, *примечание*.

[311] *Фил. Trans.*, vol. хс., стр. 70. Однако в случае с сорокафутровкой, по-видимому, использовались только очень умеренные мощности, из-за чего доктор Робинсон утверждал о недостатке определяющей мощности. *Proc. Roy. Ирландский закон.*, том ii., стр. 11.

[312] *Фил. Пер.*, вып. lxxi., p. 492.

[313] Примечательно, что еще в 1695 году Дэвид Грегори вывел возможность ахроматической комбинации из строения человеческого глаза. Смотрите его *Оптический и диоптрийный сферический элемент*, стр. 98.

[314] Вольф, *Биография*, Bd. ii., стр. 301.

[315] *Месяц. Не.*, том i, стр. 153. *Примечание*.

[316] Анриво, *Химическая энциклопедия*, т. v., часть 5, стр. 363.

[317] См. *ante*, стр. 83.

[318] *Фил. Пер.*, том vii., стр. 4007.

[319] Дж. Гершель, *Телескоп*, стр. 39.

[320] *Месяц. Не.*, том xxix., стр. 125.

[321] Небольшой избыток меди облегчает обработку металла, но может потускнеть. Робинсон, *Прок. Рой. Ирландский закон.*, том ii., стр. 4.

[322] *Брит. Т. Ass.*, 1843, заключительная речь доктора Робинсона. *Атенеум*, 23 сентября, стр. 866.

[323] *Телескоп*, стр. 82.

[324] Лорд Росс в *филологии. Пер.*, том сxl., стр. 302.

[325] Этот метод в принципе аналогичен методу, примененному Граббом в 1834 году к 15-дюймовому зеркалу для обсерватории Арма. *Филолог. Пер.*, том. clx., стр. 145.

[326] Робинсон, *Proc. Roy. Ir. Ac.*, том iii., стр. 120.

[327] *Astr. Nach.*, No. 536.

[328] Эйри, *месяц. Не.*, том ix., стр. 120.

[329] *Астрономический журнал* (Gould's), том ii., стр. 97.

[330] *Там же.*, стр. 160.

[331] Лорд Росс в *филос. Пер.*, том сxl., стр. 505.

[332] № 2343 каталога Гершеля (1864). До 1850 года в каждом из двух больших отверстий, которыми он пронизан, была видна звезда; с тех пор - только одно. Уэбб, *Небесные объекты* (4-е изд.), стр. 409.

[333] *Мет. Ам. Ас.*, том iii., стр. 87; *Astr. Nach.*, No. 611.

[334] *Всплывающее окно. Астр.*, стр. 145.

[335] Это утверждение следует понимать в самом общем смысле. Дополнительные наблюдения, имеющие большую ценность, в настоящее время производятся в Гринвиче с помощью прибора высоты и азимута, который также служил Пиацци для определения местоположения его звезд; в то время как в Пулкове известен "первоклассный вертикальный инструмент".

[336] Еще в 1620 году, по словам Р. Вольфа (*Ges. der Astr.*, стр. 587), отец Шайнер провел эксперимент по подключению телескопа с осью, направленной на полюс, в то время как китайские "экваториальные нарукавники", датируемые XIII веком, существовали в Пекине до 1900 года, когда их увезли в качестве "добычи" в Берлин. Ж. Л. Э. Дрейер, *Коперник*, том i, стр. 134.

[337] *Разные работы*, стр. 350.

[338] *Astr. Jahrbuch*, 1799 (опубликовано в 1796 г.), стр. 115.

[339] *Месяц. Не.*, том xli., стр. 189.

[340] *Фил. Пер.*, том. xlvii., стр. 242.

[341] Предоставить, *Историю. из Астр.*, стр. 487.

[342] *Всплывающее окно. Vorl.*, p. 546.

[343] *Фил. Пер.*, том xcix., стр. 105.

[344] *Отчет британца. Асс.*, 1832, с. 132.

[345] *Всплывающее окно. Vorl.*, p. 432.

[346] К. Т. Ангер, *Руководство по новой астрономической науке и искусству*, стр. 3.

## ЧАСТЬ II

### ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ АСТРОНОМИИ

## ГЛАВА I

### ОСНОВЫ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

В 1826 году Генрих Швабе из Дессау, окрыленный надеждой скорого избавления от наследственного инкубатора аптекарской лавки,[347] приобрел в Мюнхене небольшой телескоп и начал наблюдать за солнцем. Выбор объекта для своих исследований был спровоцирован его другом Хардингом из Геттингена. Это был особенно счастливый случай. Изменения, видимые на поверхности Солнца, тогда обычно считались не менее капризными, чем изменения в небе наших регионов с умеренным климатом. Следовательно, подсчет и регистрация солнечных пятен были задачей едва ли более привлекательной для астронома, чем подсчет и регистрация летних облаков. Кассини, Кейлл, Лемонье, Лаланд были единодушны в заявлении, что в их появлении или исчезновении не было обнаружено никаких следов закономерности.[348] Деламбр назвал их "скорее любопытными, чем действительно полезными".[349] Даже Гершель, глубоко изучавший их и глубоко убежденный в их важности как симптомов солнечной активности, не видел причин подозревать, что их изобилие и редкость были предметом упорядоченного чередования. Только один человек в восемнадцатом веке, Кристиан Хорребоу из Копенгагена, разгадал их периодический характер и предвидел время, когда влияние превратностей солнца на вращающиеся вокруг него земные шары можно было

бы успешно исследовать; но это пророческое высказывание носило характер монолога, а не сообщения, и оставалось скрытым в неопубликованном журнале до 1859 года, когда оно было обнаружено при массовом перерыве архивов.[350]

Действительно, сам Швабе был далек от предвкушения открытия, выпавшего на его долю. Он сравнил свою судьбу с судьбой Саула, который, разыскивая ослов своего отца, обрел царство.[351] Ибо надежда, вдохновившая его на раннее решение, лежала совсем в другом направлении. Его терпеливая засада была устроена в поисках возможной внутрикорневой планеты, которая, по его мнению, рано или поздно должна была выдать свое существование, пересекая лик Солнца. Однако он принял самые эффективные меры, чтобы получить все новые знания, которые могли быть доступны. В течение сорока трех лет его "невозмутимый телескоп"[352] никогда не подводил, если позволяли погода и состояние здоровья, свой ежедневный отчет о том, сколько пятен было видно на солнечном диске и были ли они вообще, причем полученная информация из дня в день записывалась с помощью простой и неизменяемой системы. В 1843 году он сделал свое первое объявление о вероятном десятилетнем периоде.[353] но это не привлекло общего внимания; хотя Юлиус Шмидт из Бонна (впоследствии директор Афинской обсерватории) и Готье из Женевы были впечатлены его цифрами, и Литтроу сам в 1836 году[354] намекнул на вероятность какого-то регулярного повторения. Швабе, однако, работал дальше, собирая каждый год новые доказательства существования закона, подобного тому, на который он указал; и когда Гумбольдт опубликовал в 1851 году в третьем томе своего *"Космоса"*,[355] таблицу статистики солнечных пятен, собранную им с 1826 года и далее, сила его аргументации была воспринята, так сказать, с некоторым удивлением; реальность и важность этого закона были очевидны. Это открытие было одновременно признано, и настойчивый Хофрат из Дессау прославился среди астрономов. Его заслуга— признанная вручением Золотой медали Астрономического общества в 1857 году, заключалась в выборе им оригинального и подходящего направления работы и в замечательном упорстве, с которым он его преследовал. Его ресурсы и приобретения были ресурсами обычного любителя; он отличался исключительно, к сожалению, редкой способностью использовать и то, и другое наилучшим образом. Он умер там, где родился и жил, 11 апреля 1875 года, в зрелом возрасте восьмидесяти шести лет.

Между тем расследование совершенно иного характера и проведенное совершенно иными средствами привело к очень похожему выводу. Через два года после того, как Швабе начал свои одиночные наблюдения, Гумбольдт на Научном конгрессе в Берлине в 1828 году дал первый импульс большому международному движению за одновременное изучение сложной проблемы земного магнетизма в различных частях земного шара. Благодаря гению и энергии Гаусса Геттинген стал его центром. Оттуда были выпущены новые приборы и новая система их применения; там в 1833 году была основана первая регулярная магнитная обсерватория, в то время как в Геттингене был установлен универсальный стандарт времени для магнитных наблюдений. Письмо, адресованное Гумбольдтом в апреле 1836 года герцогу Сассекскому как президенту Королевского общества, заручилось сотрудничеством Англии. Сеть магнитных станций была раскинута по всем британским владениям, от Канады до Земли Ван Димена; меры были согласованы с иностранными властями, и была снаряжена экспедиция под умелым командованием капитана (впоследствии сэра Джеймса). Кларк Росс, со специальной целью доставить разведданные по этому вопросу из мрачных окрестностей Южного полюса. В 1841 году тщательно продуманная организация, созданная бескорыстными усилиями научных "агитаторов", была завершена; "магнитометры" Гаусса вибрировали под наблюдением внимательных наблюдателей на пяти континентах, и начали регистрироваться одновременные результаты.

Десять лет спустя, в сентябре 1851 года, доктор Джон Ламонт, шотландский директор Мюнхенской обсерватории, анализируя магнитные наблюдения, сделанные в Геттингене и Мюнхене с 1835 по 1850 год, с некоторым удивлением обнаружил, что они дают безошибочные указания на период, который он оценил в  $10\frac{1}{3}$  года.<sup>[356]</sup> Способ, которым проявлялась эта периодичность, требует нескольких пояснений. Наблюдения, о которых идет речь, относились к тому, что называется "склонением" магнитной стрелки, то есть к положению, принимаемому ею относительно точек компаса при свободном перемещении в горизонтальной плоскости. Теперь это положение, как было обнаружено Грэмом в 1722 году, подвержено небольшим суточным колебаниям, достигая максимума на востоке около 8 часов утра, а максимума на западе незадолго до 14 часов дня. Другими словами, направление стрелки приближается (в этих странах в настоящее время) ближе всего к истинному северу примерно за четыре часа до полудня и отклоняется от него дальше всего между одним и двумя часами после полудня.

Ламонт обнаружил, что *диапазон* этого суточного колебания увеличивается и уменьшается один раз в каждые 10-1/3 года.

Следующей зимой сэр Эдвард Сэбин, еще не знавший о выводах Ламонта, взялся за изучение совершенно другого набора наблюдений. Материалы, оказавшиеся в его руках, были собраны на британских колониальных станциях в Торонто и Хобартоне с 1843 по 1848 год и имели отношение не к регулярному суточному колебанию стрелки, а к тем любопытным скачкообразным колебаниям, исследование законов которых было главной целью обширной организации, созданной Гумбольдтом и Гауссом. Тем не менее, результат был практически таким же. Примерно раз в десять лет магнитные возмущения (названные Гумбольдтом "штормами") достигали максимума силы и частоты. Сабина была первой, кто заметил совпадение между этим неожиданным результатом и периодом солнечных пятен у Швабе. Он показал, что, насколько позволяли наблюдения, два цикла изменений полностью совпадали как по продолжительности, так и по фазе: максимум соответствовал максимуму, минимум - минимуму. Какова могла быть природа связи, связанной общими закономерностями, столь непохожими друг на друга, как разрывы в светящемся одеянии солнца и колебания взад и вперед магнитной стрелки, было и все еще остается за пределами досягаемости хорошо обоснованной теории; но факт с самого начала был неоспорим.

Мемуары, содержащие это замечательное открытие, были представлены Королевскому обществу 18 марта и прочитаны 6 мая 1852 года.<sup>[357]</sup> 31 июля следующего года Рудольф Вольф в Берне,<sup>[358]</sup> и 18 августа Альфред Готье в Сионе,<sup>[359]</sup> объявил, отдельно и независимо, совершенно аналогичные выводы. Это тройное событие, возможно, является наиболее ярким примером успешного применения бэконовского метода сотрудничества в открытии, с помощью которого "подробности" накапливаются одной группой исследователей — соответствующих "Грабителям" и "Прививочникам" Дома Соломона, — в то время как выводы из них извлекает другой, более высокий класс — "Интерпретаторы природы". Однако даже здесь сближение двух различных направлений исследований было полностью случайным, и умелая комбинация была обязана большей частью своего блестящего успеха тому, что мы называем Удачей.

Точность выявленного таким образом совпадения была полностью подтверждена дальнейшими расспросами. Тщательный поиск по разрозненным записям наблюдений

солнечных пятен, начиная со времен Галилея и Шайнера, позволил Вольфу[360] в распоряжении Вольфа оказались материалы, с помощью которых он смог скорректировать нечетко обозначенный десятилетний период Швабе до одного из немногим более одиннадцати (11,11) лет; и далее он показал, что это соответствует приливам и отливам магнитных изменений даже лучше, чем другие данные. Цикл Ламонта 10-1/3 года. Была также отмечена аналогия между "кривой блеска", или зигзагообразной линией, представляющей на бумаге изменяющуюся интенсивность блеска определенных звезд, и аналогичным распределением частоты пятен; подъем от минимума к максимуму в обоих случаях обычно круче, чем спуск от максимума к минимуму; в то время как дополнительную точку схождения придавали неравномерности высоты различных максимумов. Другими словами, как количество пятен на солнце, так и яркость переменных звезд увеличиваются, как правило, быстрее, чем они уменьшаются; и величина этого увеличения ни в том, ни в другом случае не демонстрирует какого-либо приближения к однородности.

Попытка, подсказанная самой природой явления, связать солнечные пятна с погодой оказалась менее успешной. Первая попытка подобного рода была предпринята сэром Уильямом Гершелем в 1801 году, и она была очень примечательной. Метеорологической статистики, за исключением самой скудной и случайной, тогда не существовало; но цена на зерно из года в год была рекордной, и это, при полном признании ее неадекватности, он принял за свой критерий. Не намного лучше обстояло у него дело и с информацией о состоянии солнечной системы. Однако то небольшое, что ему удалось получить, послужило, как он полагал, подтверждением его предположения о том, что обильное излучение света и тепла сопровождается обильным образованием "отверстий" в ослепительной субстанции, из которой мы получаем эти необходимые товары.[361] Короче говоря, из своих расспросов он узнал то, что и ожидал узнать, а именно, что цена на пшеницу была высокой, когда солнце показывало чистую поверхность, и что пищи и пятен становилось все больше.[362]

Однако этот правдоподобный вывод едва ли подтверждался более точным сопоставлением фактов. Швабе не смог обнаружить никакого отражения периода появления солнечных пятен в своем метеорологическом регистре. Готье[363] пришел к предварительному выводу, обратному — хотя и не заметно обратному — заключению Гершеля. Вольф в 1852 году на основе изучения коллекции цюрихских хроник Фогеля (1000-1800 гг. н.э.)



получил доказательства, показывающие (как он думал), что минимальные годы обычно были влажными и штормовыми, максимальные - засушливыми и благодатными;[364] но последующий обзор предмета в 1859 году убедил его, что никакой связи между двумя видами эффектов проследиваться не может. [365] С особым явлением в нашей атмосфере, известным как Северное сияние (правильнее Полярное сияние), дело обстояло иначе. Здесь Цюрихские хроники наставили Вольфа на правильный путь, заставив его связать такие светящиеся проявления с нарушенным состоянием солнца; поскольку последующие детальные наблюдения показали, что кривая частоты полярных сияний с такой точностью повторяет зубчатые линии, отображающие для глаза колебания солнечной и магнитной активности, что не оставляет разумных сомнений в том, что все три поднимаются и опускаются вместе под влиянием общей причины. Еще в 1716 году,[366] Галлей предположил, что Северное сияние происходит из-за магнитных "выбросов", но не было никаких доказательств по этому вопросу, пока Хиортер не наблюдал в Упсале в 1741 году их возбуждающее влияние на магнитную стрелку. То, что этот эффект не был случайным, стало совершенно ясно в результате исследований Араго в 1819 году и последующих годах. Теперь считалось, что оба находятся под влиянием одной и той же неясной силы космического возмущения.

Солнце - не единственное из небесных тел, которое влияет на магнетизм земли. Доказательства подобного рода лунного воздействия были представлены Креилом в 1841 году Богемскому обществу наук и с незначительными исправлениями были полностью подтверждены более обширными исследованиями Сабины. Таким образом, было установлено, что каждый лунный день, или интервал в двадцать четыре часа и около пятидесяти четырех минут между двумя последовательными прохождением меридиана нашего спутника, отмечен ощутимым, хотя и очень слабым двойным колебанием стрелки — двумя поступательными перемещениями с востока на запад и двумя возвращениями с запада на восток.[367] Более того, лунное влияние, как и солнечное (что было доказано в каждом случае анализом наблюдений Сабины в Хобартоне и Торонто), распространяется на все три "магнитных элемента", влияя не только на положение горизонтальной стрелки или стрелки *склонения*, но также на падение и интенсивность. Кажется вполне разумным приписывать некоторую долю той же тонкой силы планетам и даже звездам, хотя с эффектами, незаметными на расстоянии.

Теперь мы должны поговорить об открытии и применении к

небесным телам совершенно нового метода исследования. Спектральный анализ можно кратко описать как способ различения различных видов материи по виду света, исходящего от каждого из них. Это определение сразу объясняет, почему, в отличие от любой другой системы химического анализа, оно оказалось доступным в астрономии. Свет, насколько это касается *качественно*, игнорирует расстояние. Насколько нам пока известно, путешествие из самых дальних пределов видимой вселенной не вызывает в нем никаких внутренних изменений; так что, при условии только, что в *количественно* оно остается достаточным для этой цели, его особенности могут быть одинаково хорошо изучены независимо от того, находится ли источник его вибраций на расстоянии одного фута или ста миллиардов миль. Итак, наиболее очевидное различие между одним видом света и другим заключается в цвете. Но это различие глаз воспринимает в эстетическом, а не в научном смысле. Он находит радость в "тысяче оттенков" природы, но не может ни проанализировать, ни определить их. Здесь ему на помощь приходит преломляющая призма — или комбинация призм, известная как "спектроскоп", — которая учит его не только воспринимать, но и измерять. Одним словом, это обеспечивает точную цветовую гамму. Различные лучи, которые, попадая в глаз вместе в беспорядочной толпе, производят сложное впечатление, состоящее из неразличимых элементов, простым прохождением через треугольный кусок стекла отделяются один от другого и располагаются рядом в упорядоченной последовательности, так что становится возможным с первого взгляда определить, какие виды света присутствуют, а какие отсутствуют. Таким образом, если бы мы только могли быть уверены, что различные химические вещества, когда их заставляют светиться под действием тепла, испускают характерные лучи — лучи, то есть занимающие место в спектре, отведенном для них, и *только* для них, — мы сразу же получили бы способ идентификации таких веществ с предельной готовностью и уверенностью. Эта уверенность, составляющая прочную основу спектрального анализа, была получена медленно и с трудом.

Первым, кто применил призму для изучения различных видов пламени (поскольку только в парообразном состоянии вещество излучает характерный свет), был молодой шотландец по имени Томас Мелвилл, умерший в 1753 году в возрасте двадцати семи лет. Он изучал спектр горящих спиртов, в которые последовательно вводились нашатырный спирт, поташ, квасцы, селитра и морская соль, и наблюдал исключительное преобладание почти при всех обстоятельствах особого оттенка

желтого света, совершенно определенного по степени преломления[368] — другими словами, занимающего совершенно определенное положение в спектре. Его эксперименты были повторены Морганом,[369] Волластоном и — с гораздо большей точностью и усердием — Фраунгофером.[370] Великий мюнхенский оптик, чья работа была полностью оригинальной, заново открыл темно-желтый луч Мелвилла и определил его место в цветовой шкале. С тех пор она стала хорошо известна как "натриевая линия" и сыграла очень важную роль в истории спектрального анализа. Тем не менее, ее повсеместность и заметность долгое время препятствовали прогрессу. Он был вызван горением удивительно разнообразных веществ — серы, спирта, слоновой кости, дерева, бумаги; его постоянная видимость наводит на мысль о свершении какого-то универсального природного процесса, а не о присутствии какого-то отдельного вида материи. Но если спектральный анализ вообще должен был существовать как наука, это могло произойти только путем достижения уверенности в неизменной связи одного особого вещества с каждым особым качеством света.

Таким образом, озадаченный Фокс Тэлбот[371] в 1826 году не решался сформулировать этот фундаментальный принцип. Он был склонен полагать, что присутствие в спектре любого отдельного луча безошибочно указывало на улетучивание пламени под пристальным вниманием какого-либо тела, в качестве знака или отличительного символа которого этот луч можно было рассматривать; но постоянное появление желтого луча ошеломило его. Действительно, он обязательно появлялся там, где *был* натрий; но он также появлялся там, где можно было бы счесть разумным заключить, что натрия *там* небыло. И только тридцать лет спустя Уильям Суон,[372] указав на чрезвычайную деликатность спектрального теста и необычайно широкую дисперсию натрия, сделал вероятным (но даже тогда только вероятным), что сомнительная желтая линия действительно неизменно обусловлена этим веществом. Обычная соль (хлорид натрия), по сути, является наиболее диффузионным твердым веществом. Она парит в воздухе; она течет вместе с водой; каждая пылинка имеет свою сопутствующую частицу; ее абсолютное исключение приближается к невозможному. Кроме того, свет, который он дает при горении, настолько интенсивен и концентрирован, что если разделить одну крупинку на 180 миллионов частей и в источнике света будет присутствовать только один из таких невообразимо мельчайших фрагментов, спектроскоп безошибочно покажет его характерный луч.

Среди пионеров знаний в этом направлении был сэр Джон Гершель[373]— который, однако, занимался этим предметом в интересах оптики, а не химии — В. А. Миллер,[ 374] и Уитстоун. Последний особенно заметно продвинулся вперед, когда в ходе своих исследований "призматического разложения" электрического света он пришел к важному выводу, что лучи, видимые в его спектре, различны для каждого вида металла, используемого в качестве "электродов".[375] Таким образом, указания на более широкий принцип были обнаружены в нескольких кругах, но никакой положительной уверенности ни по одному пункту получено не было, пока в 1859 году Густав Кирхгоф, профессор физики Гейдельбергского университета, и его коллега, выдающийся химик Роберт Бунзен, не взялись за дело. Они впервые решительно поставили общий вопрос о необходимой и неизменной связи определенных лучей в спектре с определенными видами материи и впервые дали на него определенный ответ. На этот вопрос был дан утвердительный ответ — иначе не могло бы существовать науки о спектральном анализе — в результате экспериментов, более многочисленных, более строгих и более точных, чем те, которые были предприняты ранее.[376] И уверенность в их заключении стала вдвойне очевидной благодаря открытию, благодаря особенностям только их света, двух новых металлов, названных по синим и красным лучам, которыми они были соответственно выделены, "цезий" и "рубидий".[377] Сразу после этого оба были фактически получены в небольших количествах путем выпаривания минеральных вод Дюркгейма.

Теперь можно указать на связь, связывающую этот важный результат с астрономией. В 1802 году Уильяму Хайду Волластону пришло в голову заменить круглое отверстие, используемое Ньютоном и его преемниками для измерения прохождения света с помощью призмы, удлиненной "щелью" шириной  $1/20$  дюйма. Вслед за этим он заметил, что спектр, образованный таким образом из света, как быочищенного устранением накладывающихся друг на друга изображений, пересекали семь темных линий. Он принял их за естественные границы различных цветов,[378] и, удовлетворившись этим квази-объяснением, позволил теме уйти. Этим самостоятельно занялся через двенадцать лет человек высшей гениальности. В ходе экспериментов со светом, направленных на совершенствование своих ахроматических линз, Фраунгофер с помощью щели и телескопа сделал удивительное открытие, что солнечный спектр пересекают не семь, а тысячи неясных поперечных полос.[379] Из них он насчитал около 600 и тщательно нанес на карту 324, а

несколько наиболее заметных он установил (если нам будет позволено это выражение) в качестве ориентиров, измерив расстояния между ними с помощью теодолита и прикрепив к ним буквы алфавита, под которыми они до сих пор общеизвестны. И на этом он не остановился. Та же система исследования, примененная к остальным небесным телам, показала, что мягкому сиянию луны и планет не хватает точно таких же лучей, как у солнечного света; в то время как в звездах она выявила различия в внешнем сходстве, которые всегда являются залогом расширения знаний. Спектры Сириуса и Касторы, вместо того, чтобы быть аккуратно расчерченными поперек, как у солнца, были прерваны тремя массивными полосами темноты — двумя синими и одной зеленой;[\[380\]](#) свет Поллукса, с другой стороны, казался точно таким же, как солнечный свет, ослабленный расстоянием или отражением, и свет Капеллы, Бетельге. , и Процион, чтобы поделиться некоторыми его особенностями. Особенно одна солнечная линия, отмеченная на его карте буквой D, оказалась общей для всех четырех последних упомянутых звезд; и примечательно, что она точно совпадала по положению с заметным желтым лучом (впоследствии, как мы уже говорили, идентифицированным со светом раскаленного натрия), который, как он уже обнаружил, сопровождает большинство видов горения. Более того, как *темные* солнечные, так и *яркие* земные "D-линии" были отображены усовершенствованными приборами Мюнхена как двойные.

В этом поразительном соответствии, открытом Фраунгофером в 1815 году, содержалась сама суть химии солнца; но его истинное значение стало очевидным лишь много времени спустя. Фраунгофер был по профессии не физиком, а практическим оптиком. Время поджимало; он не мог и не хотел отклоняться от намеченного пути; все, что было в его силах, - это указывать путь к открытиям и призывать других следовать по нему.[\[381\]](#)

Сначала это было сделано частично и безрезультатно. "Неподвижные линии" (как их называли) солнечного спектра заняли положение постоянной проблемы, к решению которой не представлялся возможным никакой подход. Предположений относительно их происхождения действительно было множество. Объяснение, предложенное Зантедески[\[382\]](#) и другими, и с сомнением поддержанное сэром Дэвидом Брюстером и доктором Дж. Х. Гладстоуном,[\[383\]](#) заключалось в том, что они возникают в результате "интерференции", то есть нарушения движения, вызывающего в наших глазах ощущение света, путем наложения двух световых волн таким образом, что гребни одной точно

заполняют впадины другой. Предполагалось, что этот эффект вызван несовершенством используемого оптического аппарата.

Более вероятной точкой зрения было то, что атмосфера Земли была фактором, благодаря которому солнечный свет был лишен недостающих лучей. Для некоторых из них это действительно так. В 1832 году Брюстер обнаружил, что определенные темные линии, которые были невидимы, когда солнце стояло высоко в небесах, становились все более заметными по мере приближения к горизонту.<sup>[384]</sup> Это хорошо известные "атмосферные линии"; но огромное большинство их спутников в спектре остаются совершенно незатронутыми толщиной слоя воздуха, через который проходит солнечный свет, содержащего их. Тогда они, очевидно, вызваны другой причиной.

Оставалась истинная интерпретация — поглощение в *солнечной* атмосфере; и это тоже широко обсуждалось. Но замечательное наблюдение, сделанное профессором Форбсом из Эдинбурга<sup>[385]</sup> по случаю кольцевого затмения 15 мая 1836 года, казалось, дискредитирует его. Если проблематичные темные линии действительно были вызваны остановкой определенных лучей под действием парообразной оболочки, окружающей солнце, то они, по-видимому, должны были быть наиболее сильными в свете, исходящем от его краев, который, разрезая эту оболочку наискось, проходил через гораздо большую ее глубину. Но круг света, оставляемый заходящей луной и, конечно, полностью исходящий от края солнечного диска, дал Форбсу точно такой же спектр, как и свет, исходящий от его центральных частей. Это обстоятельство помогло сбить с толку исследователей, и без того достаточно озадаченных. Это все еще остается аномалией, которой не было предложено удовлетворительного объяснения.

Однако осенью 1859 года в Гейдельбурге были наконец представлены убедительные доказательства истинной природы солнечных линий. *Круциевый эксперимент* Кирхгофа в этом вопросе был очень простым. Он направил яркий солнечный свет на пространство, занятое парами натрия, и с удивлением обнаружил, что темная линия Фраунгофера D, вместо того чтобы быть стертой пламенем, дающим светящийся луч с такой же преломляемостью, была углублена и утолщена наложением.

Он проделал тот же эксперимент, заменив солнечные лучи светом лампы Драммонда, и получил аналогичный результат. Было немедленно замечено, что темная борозда, соответствующая во всех отношениях солнечной D-линии, прерывает непрерывное

сияние ее спектра. Напрашивался вывод, что эффект, произведенный таким образом искусственно, был вызван естественным образом таким же образом и что натрий входил в состав раскаленной атмосферы солнца.[386] За этим первым открытием быстро последовала идентификация многочисленных ярких лучей в спектрах других металлических тел с другими до сих пор загадочными линиями Фраунгофера. Таким образом, Кирхгоф пришел к выводу, что (помимо натрия) железо, магний, кальций и хром, безусловно, являются компонентами солнечной энергии, и что медь, цинк, барий и никель также присутствуют, хотя и в меньших количествах.[387] Что касается кобальта, он не решался произнести, но с тех пор было установлено его существование на солнце.

Эти незабываемые результаты были основаны на общем принципе, впервые изложенном Кирхгофом в послании Берлинской академии 15 декабря 1859 г., а впоследствии более полно разработанным им самим.[388] Это можно выразить следующим образом: вещества любого вида непрозрачны для точных лучей, которые они испускают при одной и той же температуре; то есть они задерживают те виды света или тепла, которые они действительно в состоянии излучать. Но из этого не следует, что *холодные* тела поглощают лучи, которые они испускали бы, если бы были достаточно нагреты. Водород при обычных температурах, например, почти идеально прозрачен, но если его поднять до точки свечения — как при прохождении электричества — он *тогда* становится способным задерживать и в то же время отображать в своем собственном спектре свет четырех различных цветов.

Этот принцип является фундаментальным для солнечной химии. Он дает ключ к иероглифам линий Фраунгофера. Идентичные символы, которые написаны *ярко* в земных спектрах, написаны *темными* буквами в развернутом снопе солнечных лучей; значение остается неизменным. Следует, однако, помнить, что они лишь *относительно* темные. Вещества, останавливающие эти конкретные оттенки по соседству с солнцем, в то же время ярко светятся тем же самым. Уберите ослепительный солнечный фон, по контрасту с которым они кажутся неясными, и они будут видны, и в критические моменты действительно были замечены, во всем их природном великолепии. Именно потому, что атмосфера солнца холоднее, чем земной шар, который оно окружает, различные виды паров, составляющих эту атмосферу, забирают больше, чем отдают, поглощают больше света, чем способны излучать; поднимите их до той же температуры, что и



само солнце, и, если их мощность излучения и поглощения будет доведена точно до того же уровня, тысячи темных лучей в солнечном спектре будут немедленно уничтожены.

Становлением земной науки спектрального анализа, как мы видели, в равной степени обязаны Кирхгофу и Бунзену, но его небесным применением только Кирхгоф обязан. Он достиг этой цели более или менее смутных устремлений многих других мыслителей и работников, объединив два отдельных, хотя и тесно связанных направления исследований — изучение различных видов света, *испускаемого* различными телами, и изучение различных видов света, *поглощаемого* ими. Последняя ветвь, по-видимому, впервые была открыта доктором Томасом Янгом в 1803 году:[389] ее продолжил младший Гершель,[390] Уильям Аллен Миллер, Брюстер и Гладстон. Брюстер действительно предпринял в 1833 году[391] формальную попытку основать то, что можно было бы назвать обратной системой анализа с призмой, основанной на поглощении; и его усилия были повторены всего четверть века спустя Гладстоном.[392] Но общей точки зрения достичь не удалось; и, можно добавить, этим путем ее достичь было невозможно.

Карта солнечного спектра Кирхгофа, нарисованная в масштабе с исключительной точностью и напечатанная чернилами трех оттенков, чтобы передать постепенную неясность линий, была опубликована в "Трудах" Берлинской академии за 1861 и 1862 годы.[393] Изображения главных линий, принадлежащих различным элементарным телам, образовали, так сказать, серию заметок на полях, сопровождающих великий солнечный свиток, позволяя самому опытному специалисту в новой науке расшифровать его значение с первого взгляда. Там, где темные солнечные и яркие металлические лучи совпадали по положению, можно было с уверенностью заключить, что испускающий их металл был солнечной составляющей; и таких совпадений было множество. В случае только с железом не менее шестидесяти встречались в половине спектральной области, что делает шансы[394] абсолютно подавляющими против простого случайного совпадения. Подготовка этого сложного рисунка оказалась настолько утомительной для глаз, что Кирхгоф был вынужден из-за ухудшения зрения перепоручить вторую половину работы своему ученику Хофманну. Полная карта имела почти восемь футов в длину.

Выводы, к которым пришел Кирхгоф, были обнародованы сразу же, как только они заняли свое место, почти без возражений,



среди установленных истин науки. Общий результат, заключающийся в том, что темные линии в спектре солнца служат показателем его химического состава, не менее надежным, чем любой из тестов, используемых в лаборатории, был одинаково пленителен для воображения простолюдинов и достоверен в суждениях ученых; и, подобно всем подлинным достижениям в познании Природы, он гораздо больше стимулировал любопытство, чем удовлетворял его. История того, как были упущены открытия, часто столь же поучительна, как и история того, как они были сделаны; тогда, возможно, стоит сказать несколько слов о мыслях и испытаниях, с помощью которых в данном случае было объявлено о фактическом событии.

Три раза казалось, что это вот-вот произойдет. Эксперимент, который в руках Кирхгофа оказался решающим, по пропусканию солнечного света через светящиеся пары и исследованию наложенных спектров, был проведен профессором У. А. Миллером из Королевского колледжа в 1845 году.<sup>[395]</sup> Более того, это было сделано с прямой ссылкой на вопрос, который на тот момент уже (как было отмечено) обсуждался, о возможном образовании линий Фраунгофера путем поглощения в атмосфере Солнца. Однако это ни к чему не привело.

Опять же, в Париже в 1849 году, с целью проверки предполагаемого совпадения между солнечной линией D и ярко-желтым лучом в спектре электрической дуги (на самом деле из-за неожиданного присутствия натрия), Леон Фуко направил солнечный луч через дугу и наблюдал его спектр.<sup>[396]</sup> Он был удивлен, увидев, что D-линия стала более интенсивно темной из-за сочетания источников света. Чтобы еще больше убедиться в этом, он заменил солнечный луч отраженным изображением одной из раскаленных добела угольных точек с идентичным результатом. *Того же луча не хватало.* Требовался всего лишь еще один шаг, чтобы обобщить этот результат и таким образом ухватиться за естественную истину высочайшей важности; но этот шаг не был сделан. Фуко, каким бы проницательным и блестящим он ни был, остался доволен информацией о том, что *воля того дуга* обладает способностью останавливать излучаемый ею свет; он больше не задавал вопросов и, следовательно, не располагал никакой дополнительной информацией по этому вопросу.

Однако истина, открывшаяся в результате этого замечательного эксперимента, была разгадана одним выдающимся человеком. Профессор Стоукс из Кембриджа высказал сэру Уильяму Томсону (ныне лорду Кельвину) вскоре после того, как это было сделано,

свое убеждение в том, что солнце окружено поглощающей атмосферой натрия. И его слушатель был настолько впечатлен весомостью аргумента, основанного на абсолютном совпадении D-линии в солнечном спектре с желтым лучом горящего натрия (тогда только что сертифицированным У. Х. Миллером), в сочетании с "обращением" этого луча Фуко вспять, что он регулярно внушал в своих публичных лекциях по натурфилософии в Глазго, за пять или шесть лет до открытия Кирхгофа, не только *факт* присутствия натрия в окрестностях солнца, но и *принцип* изучения солнечной и звездной химии по спектрам, полученным от Солнца. из пламени.[397] Однако, по—видимому, ни одному из этих двух выдающихся профессоров — которые сами были одними из первых в своем времени в успешном поиске новых истин - не пришло в голову практически проверить мудрую гипотезу, в которой содержалась возможность научной революции. Остается только добавить, что Кирхгоф, когда проводил свое исследование, не был знаком ни с экспериментом Фуко, ни с предположениями Стокса.

С другой стороны, для Си Джея Ангстрема, возможно, было заявлено несколько слишком много в плане предвосхищения. Его *Оптические исследования* появились в Упсале в 1853 году, а в английской форме - два года спустя.[398] Они, несомненно, были полны предположений, но не сделали эпохального открытия. Старые недоумения продолжали преобладать после, как и до их публикации. Ангстрему, действительно, принадлежит великая заслуга в том, что он возродил принцип Эйлера об эквивалентности излучения и поглощения; но он возродил его в его первоначальной грубой форме и без уточняющей оговорки, которая одна придавала ему ценность как ключ к новым истинам. Согласно его утверждению, тело поглощает всю серию вибраций, которые оно при любых обстоятельствах способно излучать, а также те, которые связаны с ними простыми гармоническими соотношениями. Это слишком широко. Чтобы сделать это правдивым или полезным, его пришлось свести к осторожным терминам, использованным Кирхгофом. Излучение строго и обязательно соответствует поглощению только *при одинаковой температуре*. Фактически, в 1853 году Ангстрем все еще разделял адсорбцию и интерференцию как способ происхождения темных лучей Фраунгофера. Очень важной, однако, была его демонстрация сложной природы спектра искры, который, как он показал, состоит из спектра металлических электродов, наложенного на спектр газа или газов, через которые проходил разряд.

Здесь может быть полезно — поскольку без некоторых четких идей по этому вопросу невозможно правильное понимание недавнего астрономического прогресса — бегло ознакомиться с элементарными принципами спектрального анализа. Многим нашим читателям они, несомненно, уже знакомы; но лучше показаться банальными некоторым, чем непонятными даже немногим.

Таким образом, спектр тела - это просто исходящий от него свет, *расширяющийся* за счет преломления[399] в блестящую пеструю полосу, переходящую из коричневатого-красного в малиновый, оранжевый, желтый, зеленый и лазурный цвета в темно-фиолетовый. Причина такого растекания или "дисперсии" заключается в том, что различные цвета имеют разную длину волны и, следовательно, сталкиваются с разной степенью замедления при прохождении через более плотную среду призмы. Самые короткие и быстрые вибрации (производящие ощущение, которое мы называем "фиолетовым") отбрасываются дальше всего от своего первоначального пути — другими словами, испытывают наибольшее "отклонение"; самые длинные и медленные (красные) проходят гораздо ближе к нему. Таким образом, пучок лучей, которые в противном случае объединились бы в пятно белого света, разделяются из-за расхождения их дорожек после преломления призмой, образуя окрашенную полосу. Этот *видимый* спектр *незримо* расширяется на обоих концах за счет длинного диапазона колебаний, либо слишком быстрых, либо слишком вялых, чтобы воздействовать на глаз в виде света, но узнаваемых по их химическому и нагревательному эффектам.

Итак, все раскаленные добела твердые или жидкие вещества и даже газы, воспламеняемые под большим давлением, дают то, что называется "непрерывным спектром"; иными словами, излучаемый ими свет имеет все мыслимые оттенки. Подобренные с помощью призмы, его оттенки незаметно переходят один в другой, без каких-либо темных пространств. Короче говоря, не хватает ни одного цвета. Но газы и пары, светящиеся под действием тепла, испускают лучи всего нескольких оттенков, которые соответственно образуют прерывистый спектр, обычно обозначаемый как одна из линий или полос. И поскольку эти лучи совершенно определены и характерны — они не одинаковы ни для каких двух веществ, — легко сказать, какой вид материи задействован в их производстве. Мы можем предположить, что непостижимо мельчайшие частицы, которые своим быстрым колебанием возбуждают эфирную среду, производя свет, могут

свободно издавать свой особый тон вибрации только тогда, когда плавают отдельно друг от друга в газообразной форме; но когда они собраны вместе в конденсированную массу, чистый звон отличительной ноты, так сказать, тонет во всеобщем молекулярном лязге. Таким образом, призматический анализ неспособен идентифицировать отдельные виды материи, за исключением тех случаев, когда они проявляют себя в виде светящихся паров.

Считается, что спектр "перевернут", когда линии, ранее видимые яркими на темном фоне, кажутся темными на ярком фоне. В этой форме он в равной степени характерен для химического состава с "прямым" спектром, обусловленным *поглощением*, поскольку последнее связано с *излучением*. А поглощение и излучение, согласно закону Кирхгофа, строго коррелятивны. Это легко понять по аналогии со звуком. Ибо точно так же, как камертон реагирует на звуковые волны своей собственной высоты, но остается безразличным к звуковым волнам любой другой, так и те частицы материи, природа которых заключается в том, чтобы, раскачиваясь под действием тепла, вибрировать определенное количество раз в секунду, порождая таким образом свет определенного оттенка цвета, воспринимают те же самые вибрации, и только те, которые передаются мимо них, - или, выражаясь иначе, непрозрачны для них и прозрачны для всех остальных.

Далее следует пояснить, что *форма* светлых или темных участков спектра не имеет никакого отношения к природе явлений. "Линии" и "полосы", о которых так часто говорят, воспринимаются как таковые только потому, что образующий их свет проникает через узкое прямое отверстие. Измените это отверстие на тонкий полумесяц или извилистую кривую, и "линии" сразу же станут полумесяцами или кривыми.

Резюмируя в одном предложении то, что уже было объяснено, мы обнаруживаем, что призматический анализ небесных тел был основан на трех классах фактов: во-первых, на безошибочном характере света, испускаемого каждым различным видом светящегося пара; во-вторых, на идентичности поглощаемого света и света, излучаемого каждым из них; в-третьих, на наблюдаемом совпадении лучей, отсутствующих в солнечном спектре, и лучей, поглощаемых различными *земными* веществами. Таким образом, область знания, провозглашенная Моринусом[400] в семнадцатом веке и не менее догматично Огюстом Контон[401] в девятнадцатом, безнадежно вышла из

возможности человеческого интеллекта были широко раскрыты, и химия солнца и звезд сразу же заняла ведущее место среди экспериментальных наук.

Немедленный рост знаний не был главным результатом трудов Кирхгофа; еще более важным было изменение объема и методов астрономии, которое, начатое в 1852 году обнаружением общего периода, влияющего одновременно на пятна на солнце и магнетизм земли, было расширено и ускорено открытием спектрального анализа. Природа этого изменения кратко обозначена заголовком настоящей главы; теперь мы хотели бы попросить наших читателей попытаться несколько отчетливо осознать, что подразумевается под "основами астрономической физики".

Всего три столетия назад Кеплер сделал прогноз того, что он назвал "физической астрономией" — наукой, изучающей действительные причины движения планет и владеющей "ключом к внутренней астрономии".<sup>[402]</sup> То, о чем мечтал Кеплер и чего добивался ошущью, осознал Ньютон. Он показал, что красивые и симметричные вращения солнечной системы управляются равномерно действующей причиной, и эта причина не что иное, как знакомая сила притяжения, которая придает стабильность всему нашему земному окружению. Таким образом, мир под нашими ногами впервые был приведен в физическую связь с мирами, населяющими космос, и была продемонстрирована весьма ощутимая взаимосвязь, существующая между тем, что раньше называлось "тленной" материей земли и "нетленной" материей небес.

Этот процесс объединения космоса — это уравнивание небесного с подлунным — не продвинулся дальше, пока из обширной и сложной массы наблюдений неожиданно не выявился факт, что магнетизм земли подвержен тонким влияниям, исходящим, несомненно, от некоторых и, предположительно, от всех небесных тел; вывод, таким образом, становится по крайней мере правдоподобным, что сила, не менее универсальная, чем само тяготение, но с механизмами действия которой мы пока не знакомы, пронизывает вселенную и формирует, можно сказать, неуловимую связь симпатии между ее обитателями. части. Теперь для расследования этого влияния открыты две дороги. Она может быть достигнута путем наблюдения либо за телами, из которых она исходит, либо за эффектами, которые она производит, то есть либо астрономом, либо физиком, или, что еще лучше, обоими

одновременно. Их приобретения взаимовыгодны; ни одно из них не может рассматриваться как независимое друг от друга. Можно ожидать, что любое важное дополнение к знаниям о Солнце, например, прольет отраженный свет на все еще неясный предмет земного магнетизма; в то время как открытия в области магнетизма или его *альтер-эго* электричества должны глубоко повлиять на исследования солнечной системы.

Создание нового метода спектрального анализа значительно сблизило этот союз между небесной и земной наукой.

Действительно, они настолько тесно слились друг с другом, что проследить их соответствующие границы не легче, чем провести четкую разделительную линию между животным и растительным царствами. Однако вплоть до середины прошлого века астрономия, сохраняя строгий союз с математикой, равнодушно смотрела на остальные науки; достаточно было того, что у нее были телескоп и математические вычисления. Теперь материалы для ее индукции поставляются химиком, электриком, исследователем самых сокровенных тайн света и молекулярного строения материи. Ее интересует то, что говорят геологи, метеорологи, даже биологи; она не может позволить себе закрыть уши ни для какой новой истины физического порядка. Ее позиция возвышенной изоляции сменилась позицией общности и взаимопомощи. Астроном стал физиком в самом высоком смысле этого слова, в то время как физик обязан быть чем-то вроде астронома.

Это, таким образом, и есть то, что должно быть передано "основами астрономической или космической физики". Это означает создание науки о природе, выводы которой не только предполагаются по аналогии, но и подтверждаются наблюдением и которые справедливы везде, где может распространяться свет и где соблюдается сила тяжести, — науки, с помощью которой природу звезд можно изучать на земле, а природу земли можно лучше узнать, изучая звезды, — науки, одним словом, которая является единой и универсальной, даже если Природа — видимое отражение невидимого высшего Единства — едина и универсальна.

Не будет преувеличением сказать, что произошло новое рождение знания. Астрономия, которую так активно продвигал Бессель<sup>[403]</sup> — астрономия, поставленная Контом<sup>[404]</sup> во главе иерархии физических наук, была наукой о *движениях* о небесных телах. И были те, кто начал рассматривать это как науку, которая с самого своего совершенства перестала быть интересной, — чья

история открытий была рассказана, и чей дальнейший прогресс должен быть направлен на мельчайшие технические усовершенствования, а не на новые и волнующие открытия. Но наука о *природе* небесных тел находится только в начале своего развития. Он полон дерзости, непоследовательности, несовершенства, возможностей молодости. Он обещает все; он уже многого добился; он, несомненно, добьется гораздо большего. Средства, находящиеся в его распоряжении, огромны и ежедневно пополняются. То, что до сих пор было обеспечено ими, теперь должно стать нашей задачей - извлечь из более сомнительного окружения и изложить в надлежащем порядке перед нашими читателями.

## СНОСКИ:

[347] Вольф, *Геш. der Astr.*, p. 655.

[348] Мануэль Джонсон, *член R.A.S.*, т. xxvi., с. 197.

[349] *Теоретическая и практическая астрономия*, т. iii., стр. 20.

[350] Вольф, *Геш. der Astr.*, p. 654.

[351] *Месяц. Непт.*, том. xvii., стр. 241.

[352] *Mem. R.A.S.*, vol. xxvi., с. 200.

[353] *Astr. Nach.*, No. 495.

[354] Вертербух для физиотерапии *Гелера*, арт. *Sonnenflecken*, p. 851.

[355] *Zweite Abth.*, стр. 401.

[356] *Аннален дер Физик* (Poggendorff's), Bd. lxxxiv., стр. 580.

[357] *Фил. Пер.*, том. cxlii., стр. 103.

[358] *Mittheilungen der Naturforschenden Gesellschaft*, 1852, p. 183.

[359] *Архив наук*, т. xxi., стр. 194.

[360] *Neue Untersuchungen, Mitth. Naturf. Гэс.*, 1852, с. 249.

[361] *Фил. Пер.*, том xci., стр. 316.

[362] Доказательства одиннадцатилетних колебаний цен на продовольственное зерно в Индии были собраны несколько лет назад мистером Фредериком Чемберсом. *Природа*, том. xxxiv., стр. 100.

[363] *Библия. Un. de Genève*, t. li., p. 336.

[364] *Neue Untersuchungen*, стр. 269.

[365] *Die Sonne und ihre Flecken*, стр. 30. Араго был первым, кто попытался решить этот вопрос, ведя в течение ряда лет параллельный реестр солнечных пятен и погоды; но данные о состоянии солнца, собранные Парижской обсерваторией с 1822 по 1830 год, были недостаточно точными, чтобы подтвердить какой-либо вывод.

[366] *Фил. Пер.*, том xxix., стр. 421.



- [367] *Там же.*, тома. cxliii., стр. 558, cxlvi., стр. 505.
- [368] *Наблюдения над светом и цветами*, стр. 35.
- [369] *Фил. Пер.*, т. lxxv., с. 190.
- [370] *Денксхрифтен* (Мюнхен. Ac. of Sc.), 1814, 1815, Bd. v., стр. 197.
- [371] *Эдинбургский научный журнал*, том v., стр. 77. См. Также *Phil. Mag.*, февраль 1834 г., том iv., стр. 112.
- [372] *Ред. Фил. Пер.*, том xxi., стр. 411.
- [373] *О поглощении света цветными средами*, изд. фил. Пер., том ix., стр. 445 (1823).
- [374] *Phil. Mag.*, vol. xxvii, (серия iii.), стр. 81.
- [375] *Отчет британца. Асс.*, 1835, стр. 11 (раздел ii). Электроды - это выводы, от одного к другому из которых проходит электрическая искра, улетающая и раскаляя при своем прохождении некоторые частицы их вещества, характерный свет которых соответственно вспыхивает в спектре.
- [376] *Phil. Mag.*, том xx., стр. 93.
- [377] *Аннален дер Физик*, Bd. cxiii., стр. 357.
- [378] *Фил. Пер.*, том. xcii., стр. 378.
- [379] *Denkschriften*, Bd. v., стр. 202.
- [380] *Там же.*, стр. 220; *Изд. Журнал науки*, том viii., стр. 9.
- [381] *Denkschriften*, Bd. v., стр. 222.
- [382] *Arch. des Sciences*, 1849, стр. 43.
- [383] *Фил. Пер.*, том ii, стр. 159, *примечание*.
- [384] *Ред. Фил. Пер.*, т. xii., с. 528.
- [385] *Филолог. Пер.*, том. sxxvi., стр. 453. "Я полагаю, - говорит он, - что этот результат решительно доказывает, что атмосфера Солнца не имеет никакого отношения к возникновению этого необычного явления" (стр. 455). И вполне обоснованное мнение Брюстера о том, что это имеет к этому большое отношение, было, таким образом, фактически опровергнуто.

[386] *Monatsberichte.*

[387] *Абхандлунген*, Берлин, 1861, стр. 80, 81.

[388] *Ibid.*, 1861, p. 77; *Annalen der Physik*, Bd. cxix., p. 275.

Аналогичный вывод, сделанный Бальфуrom Стюартом в 1858 году для тепловых лучей (*Изд. Фил. Пер.*, т. xxii., стр. 13), был в 1860 году, без предварительного ознакомления с работой Кирхгофа, распространен на свет (*Phil. Mag.*, т. xx., стр. 534); но его эксперименты требовали точности тех, что проводились в Гейдельбурге.

[389] *Разные работы*, том i, стр. 189.

[390] *Ред. Фил. Пер.*, том ix., стр. 458.

[391] *Там же.*, том xii., стр. 519.

[392] *Кварта. Jour. Химический журнал.*, том x. с. 79.

[393] Факсимиле сопровождало перевод сэром Х. Роско "Исследований солнечного спектра" Кирхгофа (Лондон, 1862-63).

[394] Оценивается Кирхгофом в *триллион к одному. Абхандл.*, 1861, с. 79.

[395] *Phil. Mag.*, vol. xxvii. (3-я серия), стр. 90.

[396] *L'Institut*, 7 февраля 1849 г., стр. 45; *Phil. Mag.*, том xix. (4-я серия), стр. 193.

[397] *Доктор физ.-мат. наук*, том. cxviii., стр. 110.

[398] *Фил. Маг.*, том ix. (4-я серия), стр. 327.

[399] Спектры могут быть получены с помощью *дифракции*, а также *преломления*; но мы здесь рассматриваем предмет только в его простейшем аспекте.

[400] *Галльская астрология* (1661), стр. 189.

[401] *Поз. Фил.*, том i., стр. 114, 115 (пер. Мартино).

[402] *Проект астрономических пар Оптики* (1640), *Соч.*, т. ii.

[403] *Всплывающее окно. Vorl.*, pp. 14, 19, 408.

[404] *Поз. Фил.*, стр. 115.

## ГЛАВА II

Усердие, с которым проводились исследования солнечной системы в течение последней половины столетия, уже привело к тому, что двумя предыдущими исследованиями пренебрегли. С тех пор как открытие Швабе было опубликовано в 1851 году, число наблюдателей увеличилось, быстро накапливались новые факты, и прежнее сравнительное затишье в размышлениях о великом предмете строения солнца сменилось ошеломляющим разнообразием спекуляций, догадок и более или менее обоснованных выводов. Отрадно видеть, что этот новый импульс не только разделяют, но и в значительной степени направляют наши соотечественники.

Уильям Раттер Доуз, один из многих выдающихся священнослужителей в области астрономии, в 1852 году наблюдал с помощью солнечного окуляра собственного изобретения некоторые любопытные детали структуры пятен.<sup>[405]</sup> Было замечено, что тень, которую до сих пор принимали за самую темную часть пятна, пронизана пятнистым, туманным освещением, резко контрастирующим с исчерченным видом полутени; в то время как сквозь этот "облачный слой" "черное отверстие" позволяло глазу увидеть более дальние, непостижимые глубины за его пределами. Обнаруженное таким образом *отверстие* — очевидно, истинное ядро — было обнаружено во всех значительных, а также во многих мелких пятнах.

И снова он заметил вращательные движения некоторых из этих объектов. Замечательная форма одного из них, нарисованного в Уотерингбери, в графстве Кент, 17 января 1852 года, дала ему возможность обнаружить и измерить вращательное движение всего пятна вокруг черного ядра со скоростью 100 градусов за шесть дней. "Казалось, - сказал он, - что какая-то огромная восходящая сила вихревого характера, прорвавшись сквозь облачный слой и два более высоких и светящихся слоя, придала всему движению, похожее на его собственное".<sup>[406]</sup> Интерпретация, основанная, как легко видеть, на теории Гершеля, тогда еще пользовавшаяся полным авторитетом.

Пример такого же рода наблюдал мистер У. Р. Бирт в 1860 году, <sup>[407]</sup> и циклонические движения в настоящее время являются признанным признаком солнечных пятен. Однако, как заключил отец Секки, <sup>[408]</sup> основываясь на своем долгом опыте, они временные и случайны. Едва ли три процента. все видимые пятна

имеют спиралевидную структуру, которая неизменно должна была бы возникнуть, если бы конфликт противоположных или трение неравных потоков были существенными, а не просто случайными по отношению к их происхождению. Фаза водоворота нередко сопровождает их образование и может возобновляться в периоды повторного всплеска или растворения; но она одновременно частична и непостоянна, иногда затрагивая только одну сторону пятна, иногда постепенно замедляя его движение в одном направлении, чтобы возобновить его, после короткой паузы, в противоположном. Устойчивых и единообразных представлений, таких, каких абсолютно требовала бы аналогия с земными штормами, найти невозможно. Таким образом, можно сказать, что "циклоническая теория" солнечных пятен, предложенная Гершелем в 1847 году,<sup>[409]</sup> и выдвинутая с другой точки зрения Фэй в 1872 году, полностью опровергнута.

Дрейф пятен по поверхности Солнца впервые был систематически исследован Кэррингтоном, самозванным астрономом, одаренным мужеством и инстинктом вдумчивого труда.

Ричард Кристофер Кэррингтон родился в Челси в мае 1826 года и в 1844 году поступил в Тринити-колледж в Кембридже. Он предназначался для Церкви, но лекции профессора Чаллиса отвлекли его от астрономии, и он решил, как только получит ученую степень, готовиться со всем возможным усердием к своему новому призванию. Его отец, который был крупным пивоваром в Брентфорде, не оказывал сопротивления; в его распоряжении были достаточные средства; тем не менее, он предпочел пройти трехлетнее обучение в качестве наблюдателя в Даремском университете, как будто его единственной целью было заработать на жизнь. Он покинул этот пост только тогда, когда обнаружил, что его ограниченные возможности не дают дальнейших перспектив для самосовершенствования.

Теперь он построил собственную обсерваторию в Редхилле в графстве Суррей, намереваясь завершить исследование северного неба Бесселем и Аргеландером, добавив к нему циркумполярные звезды, пропущенные из поля их зрения. Этот проект, успешно осуществленный между 1854 и 1857 годами, был дополнен другим, еще более масштабным проектом еще до того, как он начал осуществляться. В 1852 году, когда строилась обсерватория Редхилл, было объявлено об открытии совпадения периодов солнечного пятна и магнитного поля. Кэррингтон был глубоко заинтересован и посвятил свой вынужденный досуг

изучению записей, как письменных, так и изображенных, о прошлых наблюдениях за Солнцем. Пораженный их фрагментарным и непоследовательным характером, он решил "присвоить", как он сказал, "тщательному и методичному исследованию" последующий одиннадцатилетний период.<sup>[410]</sup> Он правильно рассчитал, что поле деятельности должно быть практически в его полном распоряжении; по многим причинам общественные обсерватории медлят с изучением новых предметов, а любителей, обладающих свободой выбора и средствами эффективного лечения, тогда было меньше, чем сейчас.

К выполнению этой трудоемкой задачи приступили 9 ноября 1853 года. Предполагалось, что это будет всего лишь *парергон*— "вторая тема", на которую можно было бы потратить дневную энергию, в то время как ночные часы были отведены для каталогизации тех звезд, которые "лишены омовений океана". Однако его результаты оказались весьма интересными, хотя жизненные перипетии не позволили завершить первоначальный проект в его полной целостности. После смерти в 1858 году старшего Кэррингтона управление пивоварней перешло к его сыну; и в конечном итоге оно настолько поглотило его заботы, что было сочтено целесообразным преждевременно завершить наблюдения за Солнцем 24 марта 1861 года.

Можно сказать, что на этом его научная жизнь закончилась. Четыре года спустя, пораженный тяжелой и, как следствие, постоянной болезнью, он отказался от брентфордского бизнеса и переехал в Черт, недалеко от Фарнхэма, в графстве Суррей. Там, в уединенном месте, на вершине отдельно стоящего конического холма, известного как "Прыжок дьявола", он построил вторую обсерваторию и установил инструмент, которым он больше не мог пользоваться с прежней эффективностью; и там 27 ноября 1875 года он умер от разрыва кровеносного сосуда в мозге, не дожив до своего пятидесятилетия.<sup>[411]</sup>

Его наблюдения солнечных пятен носили геометрический характер. Они касались положений и движений, оставляя вне поля зрения физические особенности. Действительно, осмотристельность, с которой он ограничивал свою задачу тем, что входило строго в рамки его полномочий, была одним из самых ценных качеств Кэррингтона. Более того, метод его наблюдений был выбран с той же практической прозорливостью, что и их объекты. Еще в 1847 году сэр Джон Гершель рекомендовал ежедневную саморегистрацию солнечных пятен,<sup>[412]</sup> и он привел

это предложение в исполнение с более близкой перспективой успеха в 1854 году.[413] Однако уже тогда искусство астрономической фотографии находилось на чисто пробной стадии, и Кэррингтон мудро решил не тратить время на сомнительные эксперименты, а использовать средства регистрации и измерения, фактически находящиеся в его распоряжении. Они были очень простыми, но очень эффективными. К "гелиоскопу", использованному отцом Шайнером[414] двумя столетиями с четвертью ранее был добавлен разновидность микрометра. Изображение солнца проецировалось на экран с помощью прочно закрепленного телескопа, в фокусе которого были размещены две поперечные проволоки, образующие углы  $45^\circ$  с меридианом. Затем были тщательно отмечены шесть моментов, в которые они совпадали с краями диска, когда он пересекал экран, и с ядром измеряемого пятна.[415] Затем короткий процесс вычисления дал точное положение пятна относительно центра солнца.

На основе серии из 5290 наблюдений, сделанных таким образом, вместе с большим количеством точных рисунков Кэррингтон сделал выводы огромной важности по каждому из трех пунктов, которые он предложил себе исследовать. Это были: закон вращения солнца, существование и направление систематических течений и распределение пятен на поверхности Солнца.

Рано было замечено наличие серьезных расхождений между определениями вращения Солнца разными наблюдателями. Галилей с "удобной общностью" оценил этот период "примерно в лунный месяц";[416] Шайнер, в двадцать семь дней.[417] Кассини в 1678 году достиг  $25 \cdot 58$ ; Делабур в 1775 году - не более двадцати пяти дней. Более поздние расспросы привели к тому, что эти расхождения уже не укладывались в терпимые рамки. Результат Логье в  $25 \cdot 34$  дня, полученный в 1841 году, пользовался наибольшей популярностью, однако он сильно отличался в одном направлении от результата Бема (1852), дающего  $25 \cdot 52$  дня, а в другом - от результата Кисеуса (1846), дающего  $25 \cdot 09$  дней. Теперь причина этих вариаций действительно была очевидна с самого начала, хотя долгое время странным образом упускалась из виду. Шайнер указал в 1630 году, что разные точки имеют разные периоды, добавив важное замечание о том, что те, которые находятся на расстоянии от солнечного экватора, вращаются медленнее, чем те, которые ближе к нему.[418] Но подсказка пропала даром. На протяжении более чем двух столетий идеи по этому вопросу были либо ретроградными, либо стационарными. То, что называлось

"собственными движениями" пятен, было, однако, распознано Шретером,[419] и совершенно сбило с толку Логье,[420] который отчаялся о получении какого-либо согласованного результата относительно вращения солнца, кроме как путем получения среднего из ряда несогласованных результатов. Наконец, в 1855 году, ценный цикл наблюдений, проведенных в Капо ди Монте, Неаполь, в 1845-6 годах, позволил Ч. Х. Ф. Питерсу[421] в самом ясном свете показать ненадежность определений, основанных на предположении о неподвижности объектов, явно подверженных движениям, неопределенным как по величине, так и по направлению.

Таково было положение дел, когда Кэррингтон приступил к выполнению своей задачи. Все было в замешательстве; самое большее, что можно было сказать, это то, что замешательство было четко признано и отнесено к его истинному источнику. Он обнаружил следующее: солнце или, по крайней мере, видимая нами внешняя оболочка солнца не имеет *единого периода вращения*, а движется по кругу, увлекая за собой пятна, с постоянно ускоряющейся скоростью от полюсов к экватору. Другими словами, время осевого оборота самое короткое на экваторе и удлиняется с увеличением широты. Кэррингтон разработал математическую формулу, с помощью которой было удобно выразить скорость или "закон" этого удлинения; но это было чисто эмпирическое утверждение. Это было краткое утверждение, но не подразумевало физической интерпретации. В нем подводились итоги, но не объяснялись факты. Таким образом, было обнаружено, что предполагаемый "средний период" вращения Солнца, равный  $25 \cdot 38$  дням (двадцать пять дней и девять часов, очень близко), *фактически* соответствует только двум параллелям солнечной широты ( $14^\circ$  северной и южной широты), в то время как экваториальный период был немного меньше двадцати пяти, а на  $50^\circ$  широты увеличился до двадцати семи с половиной дней.[422] Эти любопытные результаты придали совершенно новое направление идеям по физике Солнца.

Два других "элемента" вращения солнца также были установлены Кэррингтоном с доселе недостижимой точностью. Он установил наклон его оси к эклиптике на  $82^\circ 45'$ ; долготу восходящего узла на  $73^\circ 40'$  (для эпохи 1850 г. н.э.). Этих данных, которые едва ли еще были уточнены, достаточно, чтобы определить положение солнечного экватора в пространстве. Его северный полюс направлен к звезде в кольцах Дракона, на полпути между Вегой и Полярной звездой; его плоскость пересекает плоскость орбиты

Земли таким образом, что наша планета оказывается на том же уровне примерно 3 июня и 5 декабря, когда любые пятна, видимые на диске, пересекают его по прямой линии. В другое время пути, по которым они идут, кажутся изогнутыми — вниз (наблюдателю из северного полушария) между июнем и декабрем, вверх между декабрем и июнем.

Исключительная особенность в распределении солнечных пятен выявилась в результате исследований Кэррингтона во время минимума 1856 года. Как мы видели, они часто посещают два широких пояса солнечной поверхности, границы которых можно установить на  $6^\circ$  и  $35^\circ$  северной и южной широты. Отдельные экваториальные пятна не редкость, но ближе к полюсам, чем на  $35^\circ$ , они представляют собой редкое исключение. Кэррингтон наблюдал — в качестве крайнего примера — в июле 1858 года точку на  $44^\circ$  южной широты; а Питерс в июне 1846 года в течение нескольких дней наблюдал точку на  $50^\circ 24'$  северной широты. Но за пределами этого настоящего желтого пятна никогда не видели; поскольку, как теперь полагают, Лахир сообщил о наблюдении одного из них на  $70^\circ$  широты, его место на солнечном шаре было ошибочно определено; и "скрытые пятна", описанные Трувело в 1875 году[423] как происходящие в пределах  $10^\circ$  от полюса, могут рассматриваться максимум как такого же рода пятна. нарушение в неразвитой форме.

Но новизна наблюдений Кэррингтона заключалась в обнаружении определенных изменений в распределении, происходивших одновременно с прогрессом одиннадцатилетнего периода. По мере приближения минимума зоны пятен сужались к экватору и там окончательно исчезали; затем, словно под действием нового импульса, пятна внезапно появлялись снова в высоких широтах и распространялись вниз с развитием новой фазы активности. Едва это замечание было обнародовано,[424] когда Вольф[425] нашла подтверждение своей общей истинности в наблюдениях Бема за 1833-36 годы ; и совершенно аналогичное поведение было отмечено как Шпорером, так и Секки в эпоху минимума 1867 года. Последующий период дал соответствующие указания; и теперь можно считать установленным, что точечные зоны приближаются к экватору с наступлением каждого цикла, их активность достигает кульминации, как правило, на средней широте около  $16^\circ$  и прекращается, когда она снижается до  $6^\circ$ . Однако прежде чем это произойдет, совершенно новое возмущение проявит себя примерно на  $35^\circ$  к северу и югу от экватора и начнет распространяться тем же курсом, что и его предшественник. Таким образом, каждая серия солнечных пятен в некоторой



степени перекрывается последующей; так что, хотя средний интервал от одного максимума до следующего составляет одиннадцать лет, период каждой отдельной волны возбуждения составляет двенадцать или четырнадцать.[426] Любопытное свидетельство запаздывающего характера максимума 1883-4 можно было найти в необычно низких широтах точечных зон, когда это произошло. Поскольку их движение вниз продолжалось регулярно, пока кризис откладывался, его окончательные симптомы, следовательно, были смещены как локально, так и во времени. "Закон зон" должным образом соблюдался на минимумах 1890 года[427] и 1901 года, и Шперер нашел доказательства соответствия ему еще в 1619 году.[428] Его исследования, однако, также показали, что это было приостановлено примерно за семьдесят лет до 1716 года, в течение которых солнечные пятна оставались постоянно редкими, а полярные сияния были слабыми и нечастыми даже в высоких северных широтах. Фактически, это указывает на необъяснимую приостановку солнечной активности.[429]

Густав Шперер, родившийся в Берлине в 1822 году, начал наблюдать солнечные пятна с целью установления закона вращения солнца в декабре 1860 года. Его усидчивость и успех при ограниченных средствах привлекли внимание, и для его маленькой солнечной обсерватории в Анкламе, в Померании, был выделен правительственный грант, а наследный принц (впоследствии император Фридрих) добавил к ее скромному оборудованию пятидюймовый рефрактор. Не подозревая об открытии Кэррингтона (о котором стало известно только в январе 1859 г.), он пришел к и опубликовал в июне 1861 г.[430] аналогичный вывод относительно экваториального ускорения движения солнца вокруг своей оси. Назначенный наблюдателем в новое астрофизическое учреждение в Потсдаме в 1874 году, он продолжал там свои исследования солнечных пятен в течение двадцати лет и умер 7 июля 1895 года.

Теперь, очевидно, пришло время для фундаментального пересмотра существующих представлений о природе солнца. Теория Гершеля о прохладном, темном, пригодном для жизни шаре, окруженном светящейся и отдающей тепло оболочкой и защищенном от нее, была разрушена первыми положениями спектрального анализа. Следы этого могут быть обнаружены в течение нескольких лет после 1859 года.[431] но они, очевидно, являются пережитками более раннего порядка идей, обреченных на быстрое исчезновение. Достаточно лишь на мгновение задуматься о значении, наконец-то обретенном для

фраунгоферовских строк, чтобы увидеть несовместимость новых фактов со старыми концепциями. Они подразумевали не только присутствие вблизи солнца в виде светящихся паров тел, очень невосприимчивых к теплу, но и то, что эти светящиеся пары образовывали относительно прохладную оболочку еще более горячей внутренней массы. Кирхгоф, соответственно, включил в свои великие мемуары "О солнечном спектре", прочитанные перед Берлинской академией наук 11 июля 1861 года, изложение взглядов на предмет, к которым привели его незабываемые исследования. Их можно кратко резюмировать следующим образом:

Поскольку тело Солнца дает непрерывный спектр, оно должно быть либо твердым, либо жидким,<sup>[432]</sup> в то время как перебои в его освещении доказывают, что оно окружено сложной атмосферой из паров металлов, несколько более холодной, чем оно само. Пятна - это просто облака, вызванные локальными понижениями температуры, ни в чем не отличающиеся от земных облаков, за исключением видов вещества, из которых они состоят. Эти *солнечные облака* возникают в зонах столкновения полярных и экваториальных течений в атмосфере Солнца.

Это объяснение отвечало всем возражениям, выдвигаемым против "теории кучевых облаков", с одной стороны, и "теории пассатов" - с другой. Оставляя в стороне ее автора, ее последовательно не поддерживал, пожалуй, ни один выдающийся ученый, кроме Шпорера; и его пропаганда оказалась неэффективной для обеспечения ее всеобщего принятия.

М. Фэй из Парижской академии наук был первым, кто предложил последовательную схему строения Солнца, охватывающую весь спектр новых открытий. Впервые появились связанные друг с другом фундаментальные идеи по этому вопросу, которые сейчас в моде. Действительно, многое еще предстояло изменить и исправить; но, наконец, был осуществлен переход от старого к новому порядку мышления. Суть изменения может быть передана в одном предложении. С тех пор солнце рассматривалось не просто как нагретое тело или — что еще более далеко от истины — как холодное тело, необъяснимо окруженное огненным коконом, но как огромная *машина, излучающая тепло*. Земная аналогия была отброшена еще в одном конкретном случае, помимо вопроса о температуре. Считалось, что солнечная система циркуляции, вместо того чтобы быть приспособленной, подобно земной, к распределению тепла, получаемого извне, направлена на транспортировку к поверхности тепла,

содержащегося внутри. Полярные и экваториальные течения, стремящиеся к чисто поверхностному выравниванию температуры, были заменены вертикальными течениями, поднимающими последовательные порции сильно нагретой внутренней массы, чтобы, в свою очередь, внести свою долю в излучение в космос, которое можно было бы назвать правильной функцией солнца.

Взгляды Фэй, которые были доведены до сведения Академии наук 16 января 1865 г.,<sup>[433]</sup> были открыто основаны на аномальном режиме вращения Солнца, обнаруженном Кэррингтоном. Это можно рассматривать либо как ускорение, увеличивающееся от полюсов к экватору, либо как замедление, увеличивающееся от экватора к полюсам, в зависимости от скорости вращения, которую мы предпочитаем предполагать для невидимого ядра. Фэй предпочитала считать это замедлением, вызванным восходящими потоками, постоянно оставляемыми позади по мере расширения сферы, в которой вынуждена была перемещаться составляющая их материя. Далее он предположил, что глубина, с которой поднимались эти вертикальные течения, и, следовательно, степень замедления, вызванного их подъемом к поверхности, становились все больше по мере приближения к полюсам из-за значительного уплощения сфероидальной поверхности, с которой они начинались;<sup>[434]</sup> но было показано, что принятие этого способа влечет за собой недопустимые последствия.

Чрезвычайная внутренняя подвижность, обнаруженная в наблюдениях Кэррингтона и Шперера, привела к выводу, что вещество, составляющее солнце, в основном или полностью газообразно. Это уже было предложено отцом Секки<sup>[435]</sup> годом ранее и сэром Джоном Гершелем в апреле 1864 года;<sup>[436]</sup> но впервые это получило широкое распространение благодаря более детальному изложению Фэй. Физическую основу для этой точки зрения дали эксперименты Каньяра де ла Тура в 1822 году,<sup>[437]</sup> доказывающие, что в условиях высокой температуры и давления парообразное состояние совместимо с очень значительной плотностью. Позиция укрепилась, когда Эндрюс показал в 1869 году,<sup>[438]</sup> что при превышении фиксированного предела температуры, варьирующегося для разных тел, истинное сжижение невозможно, даже если давление настолько велико, что удерживает газ в том же пространстве, в котором находится жидкость. Мнение о том, что масса Солнца газообразна, в

настоящее время вызывает очень общее согласие; хотя признаваемая газообразность имеет такую природу, что имеет консистенцию скорее меда или смолы, чем воздухообразных жидкостей, с которыми мы знакомы.

Что касается другого важного момента, то на ход последующих размышлений сильное влияние оказали выводы Фэй в 1865 году. Араго несколько поспешно вывел из экспериментов с полярископом полностью газообразную природу видимого диска Солнца. Кирхгоф, напротив, полагал (ошибочно, как мы теперь знаем), что полученный от него яркий непрерывный спектр доказывает, что это раскаленное добела твердое тело или жидкость. Гершель и Секки[439] указали на облачную структуру как на ту, которая наилучшим образом согласует все имеющиеся данные. Новшество, внесенное Фэй, состояло в том, что фотосфера рассматривалась больше не "как определенная поверхность в математическом смысле, а как предел, до которого в общей массе жидкости восходящие потоки переносят физические или химические явления накаливания".[440] Поднимающиеся потоки смешанных паров с сильным сродством, скажем, к кальцию или натрию и кислороду, в конце концов достигают области, достаточно прохладной, чтобы допустить их сочетание; мелкая пыль из твердых или жидких составных частиц (например, извести или соды) собирается там в фотосферных облаках и, опускаясь под действием собственного веса потоками раскаленного дождя, диссоциирует, свирепый жар внизу сменяется восходящими и объединяющимися потоками аналогичного строения.

Эта первая попытка приписать химическому сродству роль, которую оно играет в космической физике, была отмечена введением в теорию Солнца теперь уже знакомого термина *диссоциация*. Действительно, с достаточной степенью уверенности можно сказать, что на фотосферном уровне не происходит таких комбинаций, как те, которые рассматривал Фэй, поскольку температура там должна быть значительно выше, чем было бы необходимо для восстановления всех металлических земель и оксидов; но молекулярные изменения некоторого рода, зависящие, возможно, частично от электрических условий, частично от воздействия излучения в космос, скорее всего, заменяют их. Гипотеза была выдвинута доктором Джонстоном Стоуни в 1867 году[441] что фотосферные облака состоят из частиц углерода, осаждающихся из поднимающегося пара как раз там, где температура понижается за счет расширения и излучения до точки кипения этого вещества. Но эта точка зрения, хотя и

поддерживается Ангстремом,[442] и отстаивается Гастингсом Балтиморским,[443] и другими авторитетами, [444] возможны серьезные возражения.[445]

Согласно теории Фэй, солнечные пятна рассматривались просто как разрывы в фотосферных облаках, где восходящие потоки обладали силой, способной разорвать их на части. Из этого следовало, что это были регионы с повышенной температурой — фактически регионы, где температура была слишком высокой, чтобы допустить появление осадков, из-за которых возникла фотосфера. Их неясность была объяснена, как и в более недавнем исследовании доктора Брестера "*Теори дю Солей*", недостатком излучательной способности. Однако здесь вердикт спектроскопа неблагоприятен и необратим.

Однако после каждого сделанного вывода мы все равно обнаруживаем, что несколько идей постоянной ценности были воплощены в этом всеобъемлющем наброске солнечной конституции. Главными из них были; во-первых, то, что солнце является преимущественно газообразным телом; во-вторых, то, что его запасы тепла становятся доступными на поверхности посредством вертикальных конвекционных потоков - телесного переноса, то есть очень горячей материи вверх и сравнительно холодной материи вниз; в-третьих, то, что фотосфера является поверхностью конденсации, образующей предел, установленный космическим холодом для этого процесса циркуляции, и что подобное образование должно сопровождать на определенной стадии охлаждение каждого космического тела.

Уоррену де ла Рю принадлежит честь получить самые ранние результаты, имеющие существенное значение в астрономической фотографии. То, что было сделано ранее, было интересным с точки зрения обещаний, но многого нельзя было требовать от этого как от реального исполнения. Некоторые "новаторские эксперименты" были проведены доктором Дж. У. Дрейпером из Нью-Йорка в 1840 году, в результате чего было получено несколько "снимков Луны" диаметром в один дюйм:[446] но они вызвали небольшое воодушевление либо у него самого, либо у других. Однако Бонд из Кембриджа (США) в 1850 году с помощью гарвардского 15-дюймового рефрактора получил дагерротип Луны, с которого, можно сказать, официально началась карьера внеземной фотографии. Она была показана в Лондоне на Большой выставке 1851 года и определила направление усилий Де ла Рю. Тем не менее, это лишь доказало, что такое искусство возможно.

Уоррен де ла Рю родился на Гернси в 1815 году и умер в Лондоне 19 апреля 1889 года. Получив образование в Школе Сен-Барб в Париже, он сколотил большое состояние на производстве бумаги в Англии и, таким образом, в изобилии и на раннем этапе обеспечил материальными средствами свою научную кампанию. Ближе к концу 1853 года он сделал несколько удачных снимков Луны. Они были замечательны как первые примеры применения для астрономической световой живописи процесса коллодия, изобретенного Арчером в 1851 году; а также использования отражателей (у Де ла Рю был один из тринадцати дюймов, сконструированный им самим) для такого рода работ. Однако очень ощутимо ощущалось отсутствие приводного устройства; сложность перемещения инструмента вручную таким образом, чтобы точно следить за видимым движением Луны, была такова, что привела к прекращению экспериментов до 1857 года, когда потребность была удовлетворена. Новая обсерватория Де ла Рю, построенная в том же году в Крэнфорде, была специально посвящена астрономической фотографии; и там он применил к небесным телам стереоскопический метод получения рельефа и обратил свое внимание на деликатное дело фотографирования солнца.

Солнечный дагерротип был сделан в Париже 2 апреля 1845 г., [447] Фуко и Физо, действовавшими по предложению Араго. Но эта попытка, хотя и далеко не безуспешная, в то время, по-видимому, не повторялась. Его большая трудность заключалась в огромной освещенности изображаемого объекта, что делало необходимым невообразимо короткий период экспозиции под страхом получения полностью "сгоревших" пластинок. В 1857 году Королевское общество поручило Де ла Рю сконструировать инструмент, специально приспособленный для этой цели, для обсерватории Кью. Полученный "фотогелиограф" можно описать как небольшой телескоп (с апертурой 3-1 / 2 дюйма и фокусом 50) с держателем пластины на конце глаза, защищенным спереди пружинным затвором, быстрое перемещение которого по полю зрения обеспечивает чувствительной пластине практически мгновенную экспозицию. С его помощью были сделаны первые световые снимки солнца, имеющие реальную ценность, и в течение четырнадцати лет - с 1858 по 72 год — в Кью была начата и продолжалась автографическая запись состояния солнечной системы, рекомендованная сэром Джоном Гершелем. Работа по фотографированию солнца сейчас ведется во всех уголках земного шара, от Маврикия до Массачусетса, и действительно, очень мало дней, когда наше главное светило могло бы избежать предательства камеры. В 1883 году объединение индийских и

гринвичских снимков позволило зафиксировать состояние поверхности Солнца за 340 дней; аналогичным образом было предусмотрено 364 дня в 1897 и 1899 годах.

Выводы, сделанные с помощью фотографии в Кью, были доведены до сведения Королевского общества в серии статей, подготовленных совместно Де ла Рю, Бальфуrom Стюартом и Бенджамином Лоуи в 1865 году и последующие годы. Они оказали существенное влияние на ход мысли по интересующему их вопросу.

Своим вращением само солнце создает возможности для наведения на него стереоскопа. Два снимка, сделанные с интервалом в двадцать шесть минут, показывают как раз ту разницу, которая необходима для создания в их сочетании максимального эффекта солидности.[448] Таким образом, в 1861 году Де ла Рю получил стереоскопический вид солнечного пятна и окружающих его факелов, представляющих различные части в их истинных взаимоотношениях. "Я установил таким образом", - писал он,[449] "что факулы занимают самые высокие участки фотосферы Солнца, пятна выглядят как отверстия в полутени, которые кажутся ниже, чем окружающие их области; в одном случае было обнаружено, что части факул проплывают над пятном, по-видимому, на значительной высоте над ним". Таким образом. Вывод Уилсона относительно депрессивной природы пятен получил по прошествии немногим более столетия подтверждение самого простого, прямого и убедительного рода. Тщательное применение собственного геометрического теста Уилсона дало результаты лишь немногим менее решающие. Из 694 наблюдаемых точек 78 процентов. показали по мере прохождения диска ожидаемые эффекты перспективы:[450] и их отсутствие в оставшихся 22 процентах. это могло бы быть объяснено внутренними беспорядками, приводящими к нарушениям структуры. Абсолютная глубина пятнистых впадин - по крайней мере, их наклонных сторон — была определена отцом Секки путем измерения "параллакса глубины"[451] - то есть видимых смещений, связанных с вращением Солнца, из-за углубления ниже поверхности Солнца. Он обнаружил, что в каждом случае она не дотягивала до 4000 миль и составляла в среднем не более 1321, что соответствует, в земных масштабах, углублению в земной коре в 1-1 / 5 мили. Однако в последнее время реальность даже такого умеренного уровня депрессии была опровергнута. Настойчивые наблюдения мистера Хаулетта, продолжавшиеся более трети столетия, результаты которых были представлены Королевскому астрономическому обществу в



декабре 1894 г.,[452] помогли разрушить консенсус мнений, который так долго сохранялся по вопросу о структуре пятен.[453] Стало невозможным больше утверждать, что она имеет однородную кавернозность; и то, что кажется на самом деле выступающими умбрами, иногда подтверждается безупречным авторитетом.[454] Мы можем только заключить, что формы солнечных пятен на самом деле более разнообразны, чем предполагалось; что они особенно подвержены возмущениям; и что уровень ядер может повышаться и понижаться во время фаз возмущения, подобно лаве в вулканических кратерах.

Мнение наблюдателей из Кью относительно природы таких нарушений было сильно поколеблено другим любопытным результатом "статистического метода" исследования. Они обнаружили, что из 1137 случаев пятен, сопровождаемых фасулами, у 584 эти фасулы были преимущественно или полностью слева, у 508 было почти равное распределение, в то время как у 45 были только фасулатурные придатки, в основном, с правой стороны.[455] Теперь вращение солнца, как мы его видим, осуществляется слева направо; так что отмеченная тенденция факул была запаздывающей. Это было легко объяснить, предположив, что вещество, составляющее их, было выброшено вверх со значительной глубины, откуда оно достигло бы поверхности с меньшей *абсолютной* скоростью, принадлежащей меньшему кругу обращения, и, следовательно, упало бы за полости или "пятна", образованные в результате его извлечения. Попытка, это правда, предпринятая М. Уилсингом в Потсдаме в 1888 г.[456] определить вращение солнца по фотографиям факул, привела к результату, несовместимому с этим взглядом на их происхождение. Они неожиданно показали равномерный период. В их движениях не было обнаружено никаких следов замедления к полюсу от экватора, о чем свидетельствуют пятна. Но эксперимент был явно безрезультатным:[457] и[458] повторение этого с более мощными материалами дало полную уверенность в том, что факулы вращаются подобно пятнам с периодами, удлиняющимися по мере увеличения широты.

Следователи из Кью опровергли идеи М. Фэя по двум фундаментальным пунктам. Он считал пятна областями *восходящего по тока* и повышенной температуры; они полагали, что их затемнение происходит из-за *нисходящего* потока сравнительно холодных паров. Г-н Чакорнак, наблюдавший в Виль-Урбанне 6 марта 1865 г., увидел потоки фотосферного вещества, явно низвергающиеся в бездну, открывшуюся большим пятном, и уносящие с собой небольшие соседние пятна.[459]



Подобные случаи неоднократно отмечались отцом Секки, который считал существование своего рода *всасывания* в местах, не вызывающих сомнений.[460] Тенденция в их окрестностях, иными словами, является *центростремительной*, а не *центробежной*; и одно это, по-видимому, опровергает предположение о центральном толчке.

К этому времени под рукой был новый свидетель. Применение спектроскопа для непосредственного исследования поверхности Солнца датируется 4 марта 1866 года, когда сэр Норман Локьер (таков его нынешний титул) предпринял расследование причины потемнения пятен.[461] Это стало возможным благодаря простому устройству получения на щели спектроскопа *изображения* солнца, любая часть которого могла быть подвергнута особому изучению, вместо того, чтобы, как делалось до сих пор, пропускать лучи от каждой части его поверхности без разбора. Ответ на запрос был быстрым и безошибочным и опять же, в данном случае, противоречил точке зрения французского теоретика. Было обнаружено, что затемнения, о которых идет речь, вызваны не недостатком излучающей способности, а увеличением поглощающего действия. Фон пестрого света остается неизменным, но большая его часть задерживается за счет проникновения плотной массы относительно прохладных паров. Спектр солнечного пятна пересекается тем же набором многочисленных темных линий, с некоторыми незначительными отличиями, видимыми в обычном солнечном спектре. Тогда мы должны заключить, что те же самые пары (говоря в целом), которые рассеяны по непрерывной солнечной поверхности, накапливаются в умбральной полости, причем сжатие, возникающее при таком накоплении, проявляется в утолщении определенных линий поглощения. Но существует также общее поглощение, распространяющееся почти непрерывно от одного конца спектра пятна к другому. Однако, используя спектроскоп с исключительно высокой рассеивающей способностью, профессору Янгу из Принстона, штат Нью-Джерси, в 1883 году удалось "преобразовать" предполагаемую непрерывную неясность точечных спектров в бесчисленное множество тонких темных линий, расположенных очень близко друг к другу.[462] Их структура была замечена еще более точно, примерно пять лет спустя, М. Дюнером,[463] Директором обсерватории в Упсале, который помимо некоторых неясных следов скопления дублетов и тройки, образующие массив, начиная с пятен и заканчивая общей поверхностью солнца. Они перестают быть разделимыми в синей части спектра, а ультрафиолетовое излучение пятен не дает ничего отличительного.[464]

Что касается движения скопившихся паров, образующих пятна, то спектроскоп также может предоставить информацию. Принцип метода, с помощью которого он добывается, будет объяснен далее. Здесь достаточно сказать, что перемещение с любой значительной скоростью к глазу или от него газообразного материала, образующего яркие или темные линии, может быть измерено по смещению таких линий от их ранее известных нормальных положений. Таким образом, были обнаружены движения в точках огромной скорости или выше, достигающие 320 миль в секунду. Но результатом до сих пор было отрицательное приписывание им какого-либо систематического направления. Подъемы и спады, несомненно, являются, как замечает отец Корти,[465] "взаимосвязанными явлениями в образовании солнечного пятна"; но ни то, ни другое, по-видимому, не преобладает как часть его обычной внутренней экономики.

Такого же рода спектроскопические данные сильно противоречат теории солнечных пятен, выдвинутой Фэй в 1872 году. Он первым указал на то, что наблюдения Кэррингтона и Шпорера абсолютно опровергают предположение о том, что на солнце существует какое-либо явление, вообще напоминающее наши пассаты. Они действительно показали, что за пределами параллели  $20^\circ$  в некоторых местах наблюдается общая тенденция к медленному смещению к полюсу, в то время как в пределах этой зоны они имеют тенденцию приближаться к экватору; но их "правильные движения" не дали никаких свидетельств равномерного течения по широте. Систематический дрейф фотосферы - это строго дрейф по долготе; его направление везде параллельно экватору. Как только этот факт был четко осознан, гипотеза "солнечного торнадо" сразу же рассыпалась на куски; но М. Фэй[466] усмотрел другой источник вихревого движения в неодинаковых скоростях вращения смежных участков фотосферы. "Поры", которыми усеяна вся поверхность солнца, он принял за меньшие водовороты, возникающие в результате этих неравномерностей; пятна, которые были такими водоворотами, превратились в водовороты. Для получения указанного эффекта достаточно воткнуть палку в ручей. И случается, что разница в угловом перемещении достигает максимума как раз в тех широтах, где пятна наиболее часты и бросаются в глаза.

Однако существуют серьезные трудности в отождествлении этих двух видов явлений. Одним из них (уже упоминавшимся) является полное отсутствие регулярного вращательного движения — в

направлении, противоположном движению стрелок часов к северу от солнечного экватора, в противоположном смысле к югу от него, — которое должно было бы отразиться на каждой линии солнечного пятна, если бы указанная причина была первичной производящей, а не просто (как это, возможно, может быть) вторичной определяющей. Другая, на которую указал Янг,<sup>[467]</sup> заключается в том, что причина неадекватна следствию. Разница в движении, или *относительный дрейф*, который, как предполагается, вызывает такие огромные возмущения, составляет, в лучшем случае, для двух участков фотосферы, расположенных на расстоянии 123 миль друг от друга, около пяти ярдов в минуту. Таким образом, трение смежных участков должно быть совершенно незначительным.

Точка зрения, более обоснованная наблюдениями, была выдвинута Секки в 1872 году и после него, и была представлена в улучшенной форме профессором Янгом в его превосходной маленькой книге о *Солнце*, опубликованной в 1882 году.<sup>[468]</sup> Пятна явно связаны с сильным извержением вулкана, что приводит к образованию факул и протуберанцев, которые обычно украшают их границы. Соответственно, утверждается, что при вытягивании вещества снизу путем выбрасывания выступа должно происходить погружение поверхности, на которую устремляются и оседают частично охлажденные вырвавшиеся пары, создавая именно такое затемнение из-за повышенного поглощения, о котором говорит спектроскоп. По краям полости разрыв фотосферной оболочки сформирует линии слабости, провоцирующие дальнейшие извержения, которые, в свою очередь, углубят и расширят полость. Таким образом, явление имеет тенденцию увековечивать само себя до тех пор, пока равновесие, наконец, не будет восстановлено с помощью внутренних процессов. Солнечное пятно тогда можно было бы описать как перевернутый земной вулкан, в котором выбросы раскаленного вещества происходят на границах, а не в центре кратера, в то время как охлажденные продукты собираются в центре, а не на границах.

Но на земле твердая кора принудительно подавляет пар, собирающийся под ней, до тех пор, пока он не накопит силу для взрыва, в то время как на солнце нет такой сдерживающей силы, о которой мы знаем. Зеллнер, действительно, приспособил свою теорию солнечного строения к специальной цели ее получения; однако с весьма частичным успехом, поскольку почти каждый новый факт оказывался противоречащим его предположениям. Вулканическая деятельность, по сути, носит спазматический

характер. Она подразумевает привычное ограничение, сменяющееся временными вспышками, немыслимыми в газообразном шаре, каким, по нашему мнению, является Солнце.

Если бы "вулканическая гипотеза" соответствовала истине, то ни одно пятно не могло бы появиться без предшествующего извержения. Реальный порядок явления, однако, чрезвычайно трудно установить; возможно, он и не является неизменным. Хотя в большинстве случаев "открытие" проявляется первым, это может быть просто потому, что его легче увидеть. Согласно отцу Сидгривзу,[469] таким образом, нарушение уже прошло начальную стадию. Он действительно считает "весьма вероятным, что подготовительным признаком нового пятна всегда является небольшое яркое пятно на фасуле".

Эта последовательность, если она будет установлена, станет фатальной для теории Локьера о солнечных пятнах, сообщенной Королевскому обществу 6 мая 1886 г.,[470] и получившей дальнейшее развитие несколько месяцев спустя в его работе по *химии Солнца*. Пятна представлены в нем как случайные для обширной системы солнечной атмосферной циркуляции, начинающейся с полярных исходящих и восходящих потоков, указанных наблюдениями во время некоторых полных затмений, и заканчивающейся падением вниз с больших высот на фотосферу огромных масс конденсированных материалов. В результате этих падений образуются, в первую очередь, пятна; во вторую очередь, в результате ответных порывов, в которых взаимодействуют химические и механические силы, образуются их пояса огненных протуберанцев. Однако имеются незначительные доказательства того, что такой циркуляционный поток, который был бы необходим для поддержания этого предполагаемого цикла явлений, действительно преобладает в атмосфере Солнца; и аналогичное возражение применимо к "антициклонической теории" (так можно ее обозначить), разработанной Эгоном фон Оппольцером в 1893 году.[471] Оптическое обоснование солнечных явлений Августа Шмидта[472], с другой стороны, была полной новинкой, как в принципе, так и в разработке. Привлекательная для спекулянтов своей загадочной природой и далеко идущими масштабами, она ни в коей мере не привлекала практических наблюдателей, нетерпимых к тому, что практически осязаемые реалии их повседневного опыта рассматриваются как иллюзорные продукты "кругового преломления".

Теперь следует рассказать об одном необычном обстоятельстве.

1 сентября 1859 года, когда Кэррингтон был занят своей повседневной работой по измерению положения солнечных пятен, он был поражен внезапным появлением двух пятен особенно интенсивного света в районе самой большой видимой группы. Его первой мыслью было, что луч яркого солнечного света проник сквозь экран, используемый для уменьшения яркости изображения; но, быстро убедив себя в обратном, он побежал вызывать дополнительного свидетеля несомненно примечательного происшествия. Вернувшись, он был разочарован, обнаружив, что странная светящаяся вспышка уже идет на убыль; вскоре после этого исчез последний след. Вся его продолжительность составила пять минут — с 11.18 до 11.23 утра по Гринвичу; и за эти пять минут он преодолел пространство, оцениваемое в 35 000 миль! Никаких заметных изменений в деталях группы мест, посещенных этим кратковременным пожаром, который, как было соответственно предположено, произошел на значительной высоте над ним, не произошло.[473]

Рассказ Кэррингтона был точно подтвержден наблюдением, сделанным в Хайгейте. Мистер Р. Ходжсон описал увиденное им явление как "очень яркую звезду света, намного ярче поверхности солнца, наиболее ослепляющую защищенный глаз, освещающую верхние края соседних пятен и полос, по сути, мало чем отличающуюся от края облаков на закате".[474]

Это уникальное явление, казалось, было специально разработано для того, чтобы подчеркнуть вывод о симпатической связи между землей и солнцем. С 28 августа по 4 сентября 1859 года по всему земному шару бушевала магнитная буря беспрецедентной интенсивности, протяженности и продолжительности.

Телеграфная связь была повсюду прервана — за исключением того, что в некоторых случаях было признано практически возможным использовать линии связи *без батарей*, с помощью одних только земных токов:[475] из проводов вылетали искры; великолепное полярное сияние окрасило небо в торжественный малиновый цвет над обоими полушариями и даже в тропиках; магнитная стрелка потеряла все в его движениях не было ни малейшего следа непрерывности, и он метался взад и вперед, словно охваченный необъяснимой паникой. Совпадение стало еще более очевидным. *В тот самый момент, когда*[476] солнечной вспышки, засвидетельствованной Кэррингтоном и Ходжсоном, фотографический аппарат в Кью зарегистрировал заметное возмущение всех трех магнитных элементов; в то время как вскоре после последовавшей полуночи электрическое возбуждение достигло кульминации, сотрясая землю тонкими

вибрациями и освещая атмосферу от полюса до полюса сияющим великолепием, которое излучали Кэррингтон и Ходжсон. , возможно, смутно вспоминаются времена, когда наша древняя планета сама сияла как звезда.

Тогда, по крайней мере, солнце было — по выражению профессора Бальфура Стюарта — "взято с поличным"[477] того, что вызвало земные волнения. С тех пор также не было недостатка в доказательствах несомненной связи между вспышками отдельных пятен и магнитными возмущениями. Четыре таких были зарегистрированы в 1882 году; и симптомы того же рода, включая прекрасное "Розовое сияние", отмечали продвижение по солнцу огромной группы пятен в феврале 1892 года — самой большой из когда-либо зарегистрированных в Гринвиче. Это необычное образование, покрывавшее около 1/300 части солнечного диска, пережило пять полных оборотов.[478] Это было примечательно постоянным смещением широты, его местоположение постепенно менялось с  $17^{\circ}$  до  $30^{\circ}$  к югу от солнечного экватора.

Опять же, центральное прохождение огромного пятна 9 сентября 1898 года, синхронизированное с резким магнитным возмущением и ярким полярным сиянием:[479] и совпадение в значительной степени повторилось в марте 1899 года,[480] когда это подчеркивалось преобладающим космическим спокойствием. Теория этой связи действительно далека от ясности. Лорд Кельвин в 1892 году,[481] высказался против возможности любого прямого магнитного воздействия солнца на землю на том основании, что оно влечет за собой чрезмерный выброс энергии; но факт неоспорим, что, по словам профессора Бигелоу, "аномальные возбуждения влияют на солнце и землю в целом и в одно и то же время".[482]

Более близкое приближение к событию 1 сентября 1859 года было сфотографировано профессором Джорджем Э. Хейлом в Чикаго 15 июля 1892 года.[483] Активная точка в южном полушарии была местом этого любопытно внезапного проявления. В течение 12-метрового интервала между двумя последовательными экспозициями было обнаружено, что мост ослепительного света перекинулся через границу, разделяющую двойные ядра пятна; и еще через 27 м они сами были почти стерты переливом далеко распространяющегося блеска. Однако два часа спустя от вспышки не осталось и следа, пятно и сопутствующие ему факелы оставались такими же, какими они были до ее возникновения. В отличие от того, что видел

Кэррингтон, оно не сопровождалось никакими исключительными магнитными явлениями, хотя на следующий день разразилась "буря".[484] Возможно, земной аналог первого может быть обнаружен в "луче полярного сияния", который пересекал небеса во время яркого проявления полярного сияния 17 ноября 1882 г. и, есть все основания полагать, имеет общее электрическое происхождение и характер.[485]

Тем временем М. Рудольф Вольф, переведенный руководить Цюрихской обсерваторией, где он и умер 6 декабря 1893 года, несколько не ослабил своего рвения в исследовании периодичности солнечных пятен. Кропотливый пересмотр всего предмета с помощью свежих материалов привел его в 1859 году, [486] к выводу, что, хотя *среднее* значение периода мало отличалось от полученного в 1852 году и составляло 11,11 лет, очень значительные колебания в обе стороны от этого среднего значения были скорее правилом, чем исключением. Действительно, фразу "период солнечных пятен" следует понимать как очень приблизительную к тому великому факту, который она призвана представлять; настолько приблизительную, что интервал между двумя максимумами может увеличиться до шестнадцати с половиной или опуститься ниже семи с половиной лет.[487] В 1861 году[488] Вольф показал, и это замечание было полностью подтверждено в Кью, что самые короткие периоды влекли за собой самые острые кризисы, и *наоборот*; как если бы для каждой волны возмущения было доступно строго равное количество энергии, которое могло расходоваться щедро и быстро или медленно и экономно, но ни в коем случае не могло быть превышено. Одновременно было указано на дальнейшее включение повторяющихся солнечных потрясений в цикл продолжительностью пятьдесят пять с половиной лет; и Герман Фриц вскоре после этого показал, что северное сияние подвержено идентичной двойной периодичности.[489] Тот же *inquirer* совсем недавно обнаружил как для полярных сияний, так и для солнечных пятен "вековой период" в 222 года.[490] и наблюдения Кью указывают на то, что для последних колебания совершались в течение двадцати шести и двадцати четырех дней, [491] зависит, скорее всего, от вращения солнца. Это, безусловно, отражается на магнитной и, возможно, авроральной периодичности. Фактически, чем внимательнее изучаются точечные флуктуации, тем более сложными они оказываются. Максимумы одного порядка накладываются на максимумы другого порядка или частично нейтрализуются ими;[492] исходные причины маскируются модифицирующими причинами; более крупные волны волнения имеют небольшие изгибы, и они снова



покрыты крошечной рябью, в то время как все поднимается и опускается с напором великой вековой волны, едва заметной в своем прогрессе, потому что он столь огромен по масштабам.

Идея о том, что пятна на Солнце каким-то образом зависят от положения планет, пришла в голову Галилею в 1612 году.[493] Он был тщательно проанализирован целой группой современных специалистов по солнечной физике. Вольф в 1859 году[494] нашел основания полагать, что одиннадцатилетняя кривая определяется действием Юпитера, модифицируется действием Сатурна и разнообразится влияниями, исходящими от земли и Венеры. Его соблазнительный подход к согласованию с периодом обращения Юпитера вокруг Солнца, действительно, неотразимо наводил на мысль о причинно-следственной связи; однако не похоже, что самое искусное "уголаживание" фигур может привести к фундаментальной гармонии. Кэррингтон указал в 1863 году, что, хотя в течение *восьми последовательных периодов*, начиная с 1770 года, наблюдались приблизительные совпадения между прохождениями афелия Юпитера и максимумами солнечных пятен, в два периода, предшествовавших этой дате, соотношение было почти в точности обратным;[495] и сам Вольф в конце концов пришли к выводу, что от юпитерианского происхождения следует отказаться.[496] [497], тем не менее, предсказание аномального замедления максимума 1881 года из-за определенных особенностей положения Урана и Нептун примерно в то время, когда он должен был появиться, был частично подтвержден событием, поскольку после неудачной фазы волнений в апреле 1882 года финальная вспышка была перенесена на январь 1894 года. Таким образом, интервал составил 13,5 вместо 11,1 года; и заметно, что задержка затронула в основном южное полушарие. Чередование активности в солнечных полушариях действительно было характерной чертой максимума 1884 года, который, по словам М. Точка зрения Фэй, [498] отсюда вытекает ее нерешительный характер, в то время как острые, сильные кризисы возникают при одновременном продвижении волнений к северу и югу от солнечного экватора. Кривая магнитного возмущения со своей обычной строгой точностью повторяла аномальные колебания кривой солнечного пятна. Последующий минимум произошел в начале 1889 года, а в 1894 году за ним последовал максимум, немного менее слабый, чем его предшественник.[499]

Нельзя сказать, что был достигнут большой прогресс в раскрытии



причины или причин цикла появления солнечных пятен. Во всяком случае, пока не было отмечено никакого внешнего воздействия, адекватного этому эффекту. Большинство мыслителей по этому сложному вопросу дают квази-объяснение рассматриваемой периодичности с помощью определенных предполагаемых превратностей, влияющих на внутренние процессы;[500] Сэр Норман Локьер и Э. фон Оппольцер достигают той же цели, устанавливая самокомпенсационные колебания в солнечной атмосферной циркуляции; доктор Шустер прибегает к изменениям электропроводности пространства вблизи Солнца.[501] Однако во всех этих теориях переходный период произвольно упорядочен в соответствии с периодом, который навязывается как факт, безапелляционно требующий признания, в то же время упрямо не поддающийся объяснению.

Столь часто обсуждаемый вопрос о влиянии солнечных пятен на погоду не допускает удовлетворительного ответа. Факты метеорологии слишком сложны для простой или определенной классификации. Следствия, зависящие от одной причины, часто носят форму другой; значение наблюдаемых частных случаев может быть изменено в зависимости от ситуации; и все же только путем сбора и сопоставления частных случаев мы можем надеяться достичь какого-либо общего закона. Существует, однако, много свидетельств в поддержку мнения, основания для которого были в первую очередь почерпнуты из работ доктора Мелдрума на Маврикии, о том, что увеличение количества осадков и атмосферных волнений сопровождают максимумы пятен; в то время как гипотеза Гершеля о более обильном излучении света и тепла примерно в те же эпохи недавно получила некоторое подтверждение благодаря измерениям Савельева, показывающим увеличение силы солнечного излучения *pari passu* с увеличением количества пятен, видимых на его поверхности.[502]

Изучение того, что мы можем назвать *текстурой* поверхности Солнца, вызвало новый интерес после замечательного заявления, сделанного мистером Джеймсом Нэсмитом в 1862 году.[503] Он сделал (как и предполагал) открытие, что весь светящийся слой солнца состоит из множества удлиненных сияющих объектов на более темном фоне, по форме очень похожих на листья ивы, огромных размеров, пересекающих друг друга во всех возможных направлениях и обладающих непрерывным относительным движением. Последовала оживленная полемика. В Англии и за рубежом самые мощные телескопы были направлены на исследование, сопряженное с различными трудностями. Мистер

Доуз был особенно настойчив, заявив, что "ивовые листья" Нэсмита были не чем иным, как "узелками" сэра Уильяма Гершеля, рассматриваемыми под обманчивым углом зрения единообразия; и нет никаких сомнений в том, что он был прав. Тем не менее, допускается, что нечто подобное можно увидеть в полутени и "мостиках" пятен, которые сам Доуз в 1852 году сравнил с куском грубой соломенной подстилки, не обрезанной по краям.[504]

Термин "гранулированный", предложенный Доузом в 1864 году, [505] лучше всего описывает пятнистый аспект солнечного диска, который показывают современные телескопы и камеры. Зерна, или, скорее, "хлопья", которыми она густо усыпана, были преобразованы Лэнгли при исключительно благоприятных условиях в "гранулы" диаметром не более 100 миль; и из этих относительно мельчайших элементов, составляющих в совокупности около пятой части видимой фотосферы,[506] по его оценкам, три четверти всего солнечного света поглощается Солнцем. являются производными.[507] Янссен соглашается, поскольку утверждает, что если бы вся поверхность была такой же яркой, как и ее самые яркие части, ее световое излучение было бы в десять-двадцать раз больше, чем есть на самом деле. [508]

Быстрые изменения формы этих солнечных облачных вершин прекрасно показаны на замечательных фотографиях, сделанных Янсеном в Медоне, с экспозицией, уменьшенной иногда до 1/100000 секунды! С их помощью также стало очевидным любопытное явление, известное как *фотосферное море*. [509] Это заключается в распространении по всему диску мимолетных размытых пятен, разделенных сеткой резко очерченных и правильно расположенных гранул. Несовершенная четкость в размытых областях может быть вызвана колебаниями в солнечной или земной атмосфере, если только это не является — как считает возможным доктор Шемер[510]— просто фотографическим эффектом. М. Янссен считает, что фотосферные облачка меняют свою форму и характер с течением периода появления солнечных пятен; [511] но это пока неизвестно.

В настоящее время принято считать, что "зерна", или более яркие части фотосферы, представляют собой верхнюю границу восходящих и конденсирующихся потоков, в то время как более темные промежутки ("поры" Гершеля) отмечают положение нисходящих более холодных потоков. В полутени пятен светящиеся потоки, устремляющиеся вверх из огромной

субсолнечной печи, отклоняются в стороны мощным потоком воздуха, так что их вертикальное движение меняется на почти горизонтальное, и, таким образом, глаз воспринимается как бы сбоку, вместо того, чтобы восприниматься в виде мамелона. Это дает правдоподобное объяснение желобчатой структуры полутени, что наводит на мысль о сравнении с грубой соломенной крышей. Принимая эту теорию как в основном правильную, мы видим, что тот же самый процесс кровообращения, который в своих спазмах активности вызывает появление пятен, в своем регулярном ходе создает своеобразный "мраморный" вид, для регистрации которого мы больше не зависим от мимолетных или обманчивых впечатлений человеческой сетчатки. И именно этот процесс кровообращения придает нашему великому светилу постоянство в качестве *солнца*, или согревающего и освещающего тела.

## СНОСКИ:

[405] *Мет. R. A. S.*, том xxi., стр. 157.

[406] *Там же.*, стр. 160.

[407] *Месяц. Не.*, том xxi., стр. 144.

[408] *Солей*, т. i., стр. 87-90 (2-е изд., 1871).

[409] См. *ante*, стр. 58.

[410] *Наблюдения в Редхилле (1863)*, Введение.

[411] *Месяц. Не т.*, том. xxxvi., стр. 142.

[412] *Наблюдения за мысом*, стр. 435, примечание.

[413] *Месяц. Не.*, том x, стр. 158.

[414] *Роза Урсина*, библиотека iii., стр. 348.

[415] *Наблюдения в Редхилле*, стр. 8.

[416] *Указ.*, т. iii., стр. 402.

[417] *Роза Урсина*, библиотека iv., стр. 601. И Галилей, и Шайнер говорили о *кажущемся* или "синодическом" периоде, который примерно на один с третью дня длиннее, чем *истинный* или "звездный" период. Разница вызвана вращением Земли по своей орбите в том же направлении, что и вращение Солнца вокруг своей оси.

[418] *Роза Урсина*, библиотека iii., стр. 260.

[419] Фэй, *Comptes Rendus*, т. ix., стр. 818.

[420] *Там же.*, т. xii., стр. 648.

[421] *Proc. Am. Ass. Adv. of Science*, 1885, стр. 85.

[422] *Наблюдения в Редхилле*, стр. 221.

[423] *Журнал науки*, том xi., стр. 169.

[424] *Месяц. Не.*, том xix., стр. 1.

[425] *Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft* (Zürich), 1859, p. 252.

- [426] Локьер, *Химия Солнца*, стр. 428.
- [427] Маундер, *Знание*, том xv., стр. 130.
- [428] *Месяц. Понедельник.*, том ii, стр. 251.
- [429] Маундер, *Знание*, том. xvii., с. 173.
- [430] *Astr. Nach.*, No. 1,315.
- [431] Еще в 1866 году Ф. Който написал подробный трактат в ее поддержку, озаглавленный *Что такое Солей? Peut-il être habité?* и отвечаю на вопрос утвердительно.
- [432] Последующие исследования Плюкера, Франкланда, Вюльнера и других показали, что сильно сжатые газы дают абсолютно непрерывный спектр.
- [433] *Comptes Rendus*, т. lx., стр. 89, 138.
- [434] *Там же.*, т. с., стр. 595.
- [435] *Бычий текст. Метеор. dell Osservatorio, Собрание сочинений.*, 1 января 1864 г., стр. 4.
- [436] *Кварта. Журнал науки*, том первый, стр. 222.
- [437] *Ann. de Chim. et de Phys.*, т. xxii., р. 127.
- [438] *Фил. Пер.*, т. прим., стр. 575.
- [439] *Les Mondes*, 22 декабря 1864 г., стр. 707.
- [440] *Comptes Rendus*, т. lx., стр. 147.
- [441] *Процедура. Общество*, том xvi., стр. 29.
- [442] *Исследования Солнечного спектра*, стр. 38.
- [443] *Журнал науки*, 1881, том xxi., стр. 41. Гастингс оговорил только для некоторых членов триады: углерода, кремния и бора.
- [444] Раньярд, *Знание*, том xvi., стр. 190.
- [445] Янг, *Солнце*, стр. 337, изд. 1897.
- [446] Х. Дрейпер, *Кварта. Journ. of Sc.*, том i, стр. 381; также *Phil. Mag.*, том ii. xvii., 1840, с. 222.
- [447] Воспроизведено в "*Популярной астрономии*" Араго, лист xii, том 1.

- [448] *Отчет британца. Асс.*, 1859, с. 148.
- [449] *Фил. Пер.*, том. clii., стр. 407.
- [450] *Исследования в области физики Солнца*, часть i., стр. 20.
- [451] И фраза, и метод были предложены Фэй, которая оценила среднюю глубину светящейся оболочки пятен в 2160 миль. *Comptes Rendus*, т. lxi., стр. 1082; т. xcvi., стр. 356.
- [452] *Месяц. Не.*, т. lv., стр. 74.
- [453] Сидгивиз, *Там же*, стр. 282; Корти, *там же*, т. lviii., стр. 91.
- [454] Объясняется East как эффекты преломления. *Jour. Брит. Астр. Асс.*, том. viii., стр. 187.
- [455] *Процедура. Соч.*, том xiv., стр. 39.
- [456] *Потсдамское издание*, № 18; *Astr. Nach.*, Nos. 3,000, 3,287.
- [457] Фэй, *Comptes Rendus*, т. cxl., стр. 77; Белопольский, *Astr. Nach.*, No. 2,991.
- [458] *Там же.*, № 3,275, 3,344.
- [459] Локьер, *Вклад в физику Солнца*, стр. 70.
- [460] *Солей*, стр. 87.
- [461] *Процедура. Соч.*, том xv., стр. 256.
- [462] *Phil. Mag.*, том xvi., стр. 460.
- [463] *Исследования о вращении Солнца*, стр. 12.
- [464] Хейл, *Астрофизика*, том xi., стр. 814.
- [465] *Журнал. Брит. Астр. Асс.*, том первый, стр. 177.
- [466] *Comptes Rendus*, т. lxxv., стр. 1664; *Научное обозрение*, т. v., стр. 359 (1883). Г-н Герберт Спенсер уже (в "*Читателе*", 25 февраля 1865 г.) высказал мнение, что пятна имеют природу "циклонических облаков ."
- [467] *Солнце*, стр. 174. Ответ Фэй на это возражение см. *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 1310.
- [468] Исправленное издание появилось в 1897 году.
- [469] *Астрофизика*, том xii., стр. 832.

- [470] Процедура. Соч., № 244.
- [471] Astr. Нач., № 3,146; Астрофизика, том xii., стр. 419, 736.
- [472] Сириус, сентябрь 1893 г.; там же., том. xxiii., с. 97; Астрофия. Журнал., том i., стр. 112 (Вильчинский), стр. 178 (Килер); том ii., стр. 73 (Хейл).
- [473] Месяц. Не., том xx., стр. 13.
- [474] Там же., стр. 15.
- [475] Am. Jour., том xxix. (2-я серия), стр. 94, 95.
- [476] Магнитное возмущение произошло в 11.15 утра, за три минуты до того, как вспышка на Солнце привлекла внимание Кэррингтона.
- [477] Фил. Пер., том ii, стр. 428.
- [478] Маундер, британский журнал. Astr. Ass., том ii., стр. 386; Мисс Э. Браун, Там же., стр. 210; Месяц. Не., том ii., стр. 354.
- [479] Обсерватория, том xxi, стр. 387; Маундер, Знание, том xxi, стр. 228; Фени, Астроф. Jour., vol. x., p. 333.
- [480] Там же., стр. 336; У. Андерсон, обсерватория, том. xxii., с. 196.
- [481] Процедура. Общество, том ii., стр. 307; Преподобный У. Сидгривз, член R. A. S., том ii., стр. 85.
- [482] Отчет о солнечном и земном магнетизме, Вашингтон, 1898, стр. 27.
- [483] Астрофизика, том xi., стр. 611.
- [484] Там же., стр. 819 (Сидгривз).
- [485] См. J. Rand Capron, Phil. Mag., том xv., стр. 318.
- [486] Mittheilungen über die Sonnenflecken, No. ix., Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang 4.
- [487] Mitth., № lii., стр. 58 (1881).
- [488] Там же., № xii., стр. 192. Баксенделл из Манчестера независимо пришел к аналогичному выводу. Смотрите Месяц. Не., том xxi., стр. 141.

- [489] Вольф, *Митт.*, № хv., стр. 107 и др. Олмстед, вслед за Ханстином, уже в 1856 году пытался установить период полярных сияний продолжительностью в шестьдесят пять лет. *Материалы Смитсоновского института*, том viii., стр. 37.
- [490] Hahn, *Ueber die Reziehungen der Sonnenfleckenperiode zu meteorologischen Erscheinungen*, p. 99 (1877).
- [491] *Отчет британца. Асс.*, 1881, с. 518; 1883, с. 418.
- [492] Преподобный А. Корти (*месяц. Не.*, том ix., стр. 538) обнаруживает влияние короткого вспомогательного цикла, доктор У. Дж. С. Локьер - тридцатипятилетнего периода (*Nature*, 20 июня 1901 г.). Профессор Ньюкомб (*астроф. Jour.*, vol. xiii., стр. 11) считает, что солнечная активность колеблется равномерно в течение 11,13 лет с наложенными периодическими колебаниями.
- [493] *Опера*, т. iii., стр. 412.
- [494] *Mitth.*, № vii. и XVIIIв.
- [495] *Наблюдения в Редхилле*, стр. 248.
- [496] *Comptes Rendus*, т. хcv., стр. 1249.
- [497] *Там же.*, т. хciii., стр. 827; т. хcvi., стр. 1418.
- [498] *Там же.*, t. с., стр. 593.
- [499] Эллис, *Профессор. Общество*, том. lxiii., стр. 70.
- [500] Шульц, *Астр. Нач.*, № 2,817-18, 2,847-8; Вильсинг, *Там же*, № 3,039; Белопольский, *Там же*, № 2,722.
- [501] *Отчет британца. Асс.*, 1892, с. 635.
- [502] А. В. Авгур, *Астроф. Jour.*, vol. xiii., с. 346.
- [503] *Отчет британца. Асс.*, 1862, стр. 16 (часть ii).
- [504] *Мет. R. A. S.*, том xxi., стр. 161.
- [505] *Месяц. Не т.*, том. xxiv., стр. 162.
- [506] *Журнал науки*, том vii., 1874, стр. 92.
- [507] Янг, *Солнце*, стр. 103.
- [508] *Ann. Vir. Лонг.*, 1879, с. 679.
- [509] *Там же.*, 1878, стр. 689.



[510] *Химмельсфотография*, стр. 273.

[511] Раньярд, *Знание*, тома xiv, стр. 14, xvi, стр. 189; смотрите также прилагаемые фотографии.

## ГЛАВА III

### *НЕДАВНИЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЗАТМЕНИЯ*

Благодаря наблюдениям, сделанным во время серии из пяти замечательных затмений, длившихся в течение одиннадцати лет, знания о солнечном окружении были расширены почти до нынешнего уровня. Каждое из этих событий приносило с собой новое открытие определенного и безошибочного характера. Теперь мы кратко рассмотрим эту упорядоченную последовательность открытий.

Фотография впервые была систематически применена для решения проблем, связанных с солнечным затмением, 18 июля 1860 года. Это правда, что дагерротип,[512] сделанный Берковским с помощью кенигсбергского гелиометра во время затмения 1851 года, все еще ценен как запись короны того года; и были предприняты некоторые последующие попытки зарегистрировать частичные фазы солнечного затмения, в частности профессором Бартлеттом в Вест-Пойнте в 1854 году; [513] но земля оставалась практически нетронутой до 1860 года.

В том году путь тотальности пролегал через Испанию, и туда, соответственно, Уоррен де ла Рю перевез свой фотогелиограф, а отец Секки - шестидюймовый рефрактор Кошуа. Тогда в первую очередь обсуждался вопрос, касающийся природы красных выпуклостей. Хотя, как уже говорилось, доказательства, собранные в 1851 году, давали разумную уверенность в их связи с sun, возражающих не заставили замолчать; и когда сторону недоверия поддерживал такой значительный авторитет, как м. Фэй, было невозможно относиться к этому с презрением. Были доступны два важнейших теста. Если бы можно было показать, что фантастические фигуры, подвешенные над краем темной луны, были видны в одинаковом ракурсе с двух удаленных станций, один этот факт опроверг бы теорию оптического обмана или "миража"; в то время как уверенность в том, что они постепенно скрывались приближающейся луной с одной стороны и обнажались с другой, эффективно освободила бы их от зависимости от нашего спутника и утвердила бы их в качестве придатков Солнца.

Теперь оба этих теста в высшей степени пригодны для применения с помощью фотографии. Но трудность заключалась в том, что ничего не было известно о химической силе розового света протуберанца, в то время как все зависело от его правильной оценки. Выстрел должен был быть произведен, так сказать, в темноте. Вызывает некоторое удивление и немалые поздравления тот факт, что в обоих случаях выстрел возымел действие.

Де ла Рю занимал станцию в Ривабеллозе, в Верхней части долины Эбро; Секки установил свой инструмент в Десьерто-делас-Пальмас, примерно в 250 милях к юго-востоку, с видом на Средиземное море. От полностью затмившегося солнца с его странной гирляндой языков пламени каждый наблюдатель получил несколько совершенно удачных впечатлений, которые, как выяснилось при сравнении, совпадали в мельчайших деталях. Это сразу разрешило фундаментальный вопрос относительносущественной реальности этих объектов; в то время как их солнечный характер был продемонстрирован прохождением Луны*перед* ними, что неоспоримо подтверждено снимками, сделанными на последовательных стадиях затмения. То, что формы, казалось бы, бросающие вызов всем законам равновесия, были, тем не менее, не совсем мимолетными, проявилось из их идентичности с интервалом в семь минут, в течение которых лунная тень переходила от одной станции к другой; и исключительная энергия их актинических лучей была показана записью на чувствительных пластинках некоторых протуберанцев, невидимых в телескоп. Более того, фотографические свидетельства убедительно подтвердили вывод, сделанный ранее Грантом и другими, а теперь с более полной уверенностью Секки, о том, что непрерывный слой видимой материи окружает солнце со всех сторон, образуя резервуар, из которого выходят гигантские струи и в который они опускаются.

Таким образом, были собраны первые плоды точных знаний об окружении Солнца, в то время как ценность кратких моментов затмения неопределенно возросла благодаря дополнению мимолетных визуальных впечатлений точными и продолжительными записями камеры.

В 1868 году фактически началась история спектроскопии затмений, как и история фотографии затмений в 1860 году; иными словами, соответствующие методы тогда впервые дали определенные результаты. 18 августа 1868 года индийский и

Малайский полуострова пересекла лунная тень, создавшая полное затемнение в течение пяти минут и тридцати восьми секунд. Две английские и две французские экспедиции были отправлены в отдаленные регионы, где произошло событие, столь благоприятное для развития знаний, главным образом для того, чтобы получить заключение призмы относительно состава протуберанцев. И их отправка не была напрасной. Идентичное открытие было сделано почти всеми наблюдателями. В Джамканди, в Западном Гауте, где лейтенант (ныне полковник) Гершель был на связи, непрерывающаяся плохая погода угрожала расстроить его страстные ожидания; но по прошествии критических пяти с половиной минут облака разошлись, и поперек пробоины над краем темного лунного шара выступил "длинный, похожий на палец выступ". В следующий момент спектроскоп был направлен на него; вспыхнули три яркие линии — красная, оранжевая и синяя, и проблема была решена.<sup>[514]</sup> Проблема была решена в том общем смысле, что состав светящихся паров объектов, ошибочно названных "выпуклостями" или "протуберанцами", больше не вызывал сомнений; хотя для определения конкретного вида, к которому принадлежали эти пары, требовались дальнейшие исследования.

Аналогичные, но более полные наблюдения, с меньшими атмосферными помехами, были сделаны Теннантом и Янсеном в Гунтуре, Погсоном в Масулипатаме и Райетом в Ватонне, на побережье Малайского полуострова, причем последний наблюдатель насчитал целых девять ярких линий.<sup>[515]</sup> Среди них было нетрудно распознать характерный свет водорода; и обычно, хотя и чересчур поспешно, предполагалось, что оранжевый луч соответствует световому излучению натрия. Но более широкие возможности были уже под рукой.

Затмение 1868 года запомнилось главным образом тем, что научило астрономов обходиться без затмений, по крайней мере, пока, что касается одной конкретной области солнечных исследований. Вдохновленный красотой и блеском различно окрашенных выступающих линий, которые были видны ему с помощью спектроскопа, Янссен воскликнул, обращаясь к окружающим: "Я верен этим линиям - я знаю, что такое клипсы!" На следующее утро он привел в исполнение план, который сам собой сформировался в его мозгу, пока явление, подсказавшее это, все еще было у него перед глазами. Он основан на легко понятном принципе.

Только сияние нашей собственной атмосферы скрывает от

нашего повседневного взгляда отrostки солнца. Наблюдателю на безвоздушной планете центральный шар показался бы окруженным всей своей великолепной свитой из малиновых протуберанцев, серебристой короны и широко распространяющегося зодиакального света, проецируемого на усыпанный звездами черный фон абсолютно неосвещенного неба. Теперь спектроскоп предлагает средства неограниченного ослабления атмосферного яркого света путем рассеивания его постоянного количества по площади, увеличенной *неограниченно*. Но монохроматический или "полосатый" свет по своей природе не способен быть настолько рассеянным. Конечно, он может быть *о т к л о н е н* преломлением в любой желаемой степени; но он всегда остается одинаково сконцентрированным, в каком бы направлении его ни отбрасывали. Следовательно, когда он смешивается с непрерывным светом — как в случае солнечного пламени, пронизывающего нашу атмосферу, — он получает *о т н о с и т е л ь н ы й* прирост интенсивности от каждого увеличения рассеивающей способности спектроскопа, с помощью которого анализируется разнородная масса лучей. Используйте достаточное количество призм, и в конце концов не уменьшающиеся лучи стойкого цвета будут выделяться на фоне постоянно тускнеющей радужной полосы, которой они были поначалу эффективно прикрыты.

Это Янссен увидел благодаря вспышке интуиции во время затмения; и он понял это в 10 часов утра следующего дня, 19 августа 1868 года — в дату начала спектроскопических работ на краю незатененного солнца. В течение всего этого дня и многих последующих он пользовался, по его словам, преимуществом длительного затмения. Пристальный интерес, с которым он осматривал внезапно открывшийся его взору регион, был усилен признаками быстрых и бурных перемен. 18 августа, во время затмения, было замечено огромное спиральное сооружение, *по меньшей мере* высотой 89 000 миль, расположенное в удивительном великолепии на краю вставленной Луны. Он был сформирован, как генерал Теннант судил по его внешнему виду на своих фотографиях, в результате столкновения двух нарастающих потоков пламени и получил название "Большой Рог". На следующий день он лежал в руинах; почти не осталось следов, указывающих на то, где он когда-то находился. [\[516\]](#) Спектроскоп Янссена, кроме того, предоставил ему убедительное подтверждение того, что уже было сообщено телескопом и камерой относительно непрерывной природы алой "сьерры", лежащей у основания протуберанцев. Повсюду на краю солнца появлялись одни и те же яркие линии.

Только 19 сентября Янссен счел нужным сообщить о своем открытии в Европу. Это казалось маловероятным, однако за несколько минут до того, как его депеша была вручена секретарю Парижской академии наук, сообщение аналогичного содержания было получено от сэра Нормана Локьера. Нет необходимости обсуждать узкий и утомительный вопрос приоритета; каждый из конкурентов заслуживает и получил полную оценку своего изобретения. Обладая примечательным и уверенным предвидением, Локьер в 1866 году, еще до того, как было что-либо известно о составе "красного пламени", заказал спектроскоп с сильной дисперсией специально для наблюдения, помимо затмений, спектра ярких линий, который, как он ожидал, они дадут. Однако последовали различные задержки, и инструмент оказался в его руках только 16 октября 1868 года. 20-го числа он уловил яркие лучи, о присутствии и (приблизительно) расположении которых тем временем стало известно. Но нет никаких сомнений в том, что даже без этих предварительных знаний они были бы найдены; и что затмение 18 августа только ускорило открытие, которое уже было сделано.

Тем временем сэр Уильям Хаггинс стремился к той же цели в течение двух с половиной лет в своей обсерватории в Талс-Хилл. Принцип спектроскопической видимости линий протуберанцев на краю незакрытого солнца был довольно четко изложен им в феврале 1868 г.[\[517\]](#) и он изобрел различные устройства для получения их реального изображения; но только когда он понял, куда смотреть, ему удалось их увидеть.

Астрономы, таким образом, освободившиеся благодаря получению возможности наблюдать их в любое время, от необходимости изучать протуберанцы во время затмений, смогли сосредоточить все свое внимание на короне. Первое, что нужно было сделать, - это установить характер его спектра. В 1868 году это было замечено лишь как слабо продолжительное явление; ибо Райе, который, по-видимому, заметил его характерную яркую линию далеко над вершинами пламени, тем не менее связал ее с этими объектами. С другой стороны, лейтенант Кэмпбелл в том же случае установил поляризацию коронального света в плоскостях, проходящих через центр солнца,[\[518\]](#) таким образом, было показано, что этот свет полностью или частично отражает солнечный свет. Но если отраженный солнечный свет, возражали против этого, то в нем должна быть видна, по крайней мере, главная из темных линий Фраунгофера, как они видны в лунных

лучах, освещении неба и во всем другом солнечном свете. Возражение было вполне обоснованным, но, как мы увидим, было выдвинуто преждевременно.

7 августа 1869 года полоса полного затмения пересекла континент Северная Америка по диагонали, вошла в Берингов пролив и вышла на побережье Северной Каролины. Он был окружен наблюдателями, но наиболее эффективная работа была проделана в Айове. В Де-Мойне профессор Харкнесс из Военно-морской обсерватории в Вашингтоне получил от короны "абсолютно непрерывный спектр", немного менее яркий, чем у полной луны, но пронизанный единственным зеленым лучом.<sup>[519]</sup> Такой же зеленый луч был замечен в Берлингтоне, и его положение измерил профессор Янг из Дартмутского колледжа.<sup>[520]</sup> Оно, по-видимому, совпадало с темной линией железа в солнечном спектре, пронумерованной 1474 по шкале Кирхгофа. Но в 1876 году Янг смог, используя значительно увеличенную дисперсию, преобразовать линию Фраунгофера "1474" в пару, более преломляемым элементом которой он считал инверсию зеленого коронального луча.<sup>[521]</sup> Идентификация, которая почти не подвергалась сомнению более двадцати лет, тем не менее, была подтверждена фотографиями затмения 1898 года. Сэр Норман Локьер вывел из них положение рассматриваемой линии заметно выше в спектре, чем то, которое было присвоено ей ранее. Вместо 5317 его истинная длина волны оказалась равной 5303 десятым миллионным миллиметра;<sup>[522]</sup> и при рассеянном солнечном свете он также не проявляет себя при поглощении. Исходное вещество, обозначенное как "корониум", о котором земной химии ничего не известно, продолжает светиться<sup>[523]</sup> по крайней мере, на высоте 300 000 миль над поверхностью Солнца и, следовательно, предположительно, намного легче даже водорода.

Еще один трофей был унесен компанией American skill<sup>[524]</sup> через шестнадцать месяцев после определения благодаря ей отличительного спектра короны. Затмение 22 декабря 1870 года, хотя и длившееся всего две минуты и десять секунд, привлекло к берегам Средиземного моря наблюдателей как из Нового, так и из Старого Света. Янссен вылетел из осажденного Парижа на воздушном шаре, неся с собой *жизненно важные части* отражателя, специально сконструированного для сбора свидетельств о короне. Но он добрался до Орана только для того, чтобы оказаться закрытым завесой облаков, более непроницаемой, чем прусские линии. Повсюду небо было более или менее затянуто тучами. Путешествие Локьера из Англии на

Сицилию и кораблекрушение в *Психее* были вознаграждены проблеском солнечного ореола в течение *полут ора секунд!* Три группы, расположенные на разных высотах на горе Этна, абсолютно ничего не увидели. Тем не менее, несмотря на непогоду, была получена важная информация.

Выдающимся событием стало открытие Янгом "реверсивного слоя". По мере того как уцелевший солнечный полумесяц сужался перед приближающейся луной, "темные линии спектра, - говорит он нам, - и сам спектр постепенно исчезали, пока внезапно, так же внезапно, как разрывающаяся ракета выбрасывает свои звезды, все поле зрения не заполнилось яркими линиями, которых было больше, чем можно сосчитать. Это явление было таким внезапным и так удивительно красивым, что вызвало невольное восклицание".[\[525\]](#) Его продолжительность составляла около двух секунд, и создавалось впечатление полной инверсии спектра Фраунгофера, то есть замены каждой темной линии яркой.

Теперь что-то в этом роде было теоретически необходимо для объяснения темных лучей солнечного света, которые так многому научили нас и еще многому могут научить нас; так что, хотя это явление и было удивительным из-за своего мимолетного великолепия, строго говоря, его появление нельзя было назвать "неожиданным". Более того, его предупреждающий симптом в угасании этих лучей был фактически описан Секки в 1868 году, [\[526\]](#) и был обнаружен Янгом, когда луна закрыла солнце в августе 1869 года. Но поскольку щель его спектроскопа была расположена *нормально* к краю солнца, яркие линии давали вспышку, слишком тонкую, чтобы ее можно было уловить глазом. В 1870 году разрез располагался *по касательной*— он проходил вдоль неглубокого слоя раскаленных паров, вместо того чтобы пересекать его: отсюда его успех.

То же самое замечание было сделано в Херес-де-ла-Фронтера мистером Паем, членом партии Янга; и, хотя оно было чрезвычайно деликатным, с тех пор часто повторялось. Вся серия Фраунгофера казалась яркой (исключая другие примеры) Маклиру, Гершелю и Файерсу в 1871 году, в начале или в конце тотальности; Погсону - во время ежегодного затмения 6 июня 1872 года; Стоуну в Клипфонтейне 16 апреля 1874 года, когда он увидел "поле, полное ярких линий".[\[527\]](#) Но между изображением, представленным "достоверным источником блестящих металлов", [\[528\]](#), которое попало в спектроскоп М. Трепье в течение трех секунд после исчезновения при изображении солнца 17 мая 1882 года и знакомого изображения темной линии солнечного спектра

были заметны определенные различия, показывающие, что их отношение было не просто отношением положительного впечатления к отрицательному.

"Обратный слой", или прослойка смешанных паров, светящаяся, но при более низкой температуре, чем у реальной поверхности Солнца, была неотъемлемой частью теории Кирхгофа о возникновении линий Фраунгофера. Здесь предполагалось, что отсутствующие лучи были остановлены, и здесь также предполагалось, что отсутствующие лучи были бы видны ярко, если бы они были изолированы от подавляющего великолепия их фона. Эта изоляция достигается затмениями, в результате чего, что прекрасно подтверждает теорию, происходит *обращение* вспять, или превращение спектра Фраунгофера из темного в яркий. Однако полнота и точность разворота не могли быть засвидетельствованы визуально; и прошло четверть века, прежде чем успешный "моментальный снимок" предоставил фотографическое подтверждение этого факта. Снимок сделан на Новой Земле мистером Шеклтоном, членом экспедиции покойного сэра Джорджа Баден-Пауэлла по наблюдению затмения 9 августа 1896 года;[\[529\]](#) и подобные записи в изобилии были получены во время индийского затмения 22 января 1898 года.[\[530\]](#) и испано-американское затмение 28 мая 1900 года.[\[531\]](#) Результатом их неторопливого изучения стало подтверждение существования "обратного слоя" в буквальном смысле этого термина. Это правда, что ни одна фотография со "вспышкой" не является перевернутой расшифровкой фраунгоферовского спектра. Линии, действительно, в каждом случае - говоря в общих чертах — одни и те же; но их относительная интенсивность сильно различается. Однако это не должно вызывать удивления, если вспомнить, что спектр Фраунгофера объединяет поглощение множества слоев, различных по плотности и составу, в то время как чувствительные пластины, выставленные полностью, видят только верхнюю часть пласта, а низкорасположенные слои пара обязательно закрыты лунной. Общая глубина этой светящейся оболочки может быть оценена в 500-600 миль, и ее нормальное состояние, по-видимому, является состоянием глубокого спокойствия, судя по невозмутимому виду множества темных линий из-за ее рассеивающего воздействия на свет.

Последнее из пяти затмений, которые мы сгруппировали вместе для отдельного рассмотрения, было видно в Южной Индии и Австралии 12 декабря 1871 года. Английскими экспедициями на малабарском побережье было получено несколько великолепных фотографий, впервые показывающих замечательные ветвящиеся



формы корональных излучений; но наиболее заметным результатом стало обнаружение Янссеном некоторых темных линий Фраунгофера, которые долгое время безуспешно искали в непрерывном спектре короны. Главной среди них была D-линия натрия, можно сказать, первоначальный указатель солнечной химии. Невозможно было представить более убедительного доказательства того, что это слабое *отражение* отличительных нот фраунгоферовского спектра, что полярископ говорил правду, утверждая, что большая часть коронального сияния является отраженным солнечным светом. Но обычно он настолько пропитан первоначальным сиянием, что его особые черты почти стираются. Успех Янссена в их захвате был отчасти обусловлен чрезвычайной чистотой воздуха в Шолуре, в районе Нейлгерриз, где он находился; отчасти благодаря использованию прибора, приспособленного благодаря большой диафрагме и короткой фокусировке для получения изображения предельной яркости. Его наблюдение, повторенное во время затмения на Каролинском острове в 1883 году, было подтверждено фотографией десять лет спустя М. де ла Бом Плювинелем в Сенегале.[532]

Инструмент, имеющий огромную ценность для особых целей, был внедрен в работу eclipse в 1871 году. "Безщелевой спектроскоп" состоит просто из призмы, размещенной снаружи предметного стекла телескопа или объектива фотоаппарата, посредством чего сияние, охватывающее находящееся в состоянии затмения солнце, разделяется на такое количество колец разного цвета, какое содержит различные виды света. Эти окрашенные кольца были одновременно замечены Респиги в Пудакотте и Локьером в Байкуле. Их фотографическая регистрация последним в 1875 году положила начало преобразованию безщелевого спектроскопа в призматическую камеру.[533] Между тем, использование обычного спектроскопа Гершелем и Теннантом в Додабетте показало, что зеленый луч корониума в рифте такой же яркий, как и в соседнем стримере. Таким образом, было замечено, что видимая структура короны не зависит от распределения газов, входящих в ее состав.

Таким образом, с помощью пяти великих затмений 1860-71 годов было установлено: во-первых, что протуберанцы и, по крайней мере, нижняя часть короны, являются подлинными принадлежностями Солнца; во-вторых, что протуберанцы состоят из водорода и других газов в состоянии накала и поднимаются в виде неправильных выбросов из непрерывной оболочки из тех же материалов толщиной в несколько тысяч миль; в-третьих, что корона имеет очень сложное строение, состоящее частично из светящихся паров, частично из вещества, способного отражать

солнечный свет. . Теперь мы можем перейти к рассмотрению результатов последующих затмений.

Это подняло некоторые очень любопытные вопросы и помогло их решить. Действительно, каждое тщательно наблюдаемое полное солнечное затмение стимулирует, а также успокаивает любопытство и оставляет в наследство нерешенные сомнения, которые со временем и в ходе исследований постоянно устраняются, но постоянно заменяются. Нельзя отрицать, что корона представляет собой загадочное явление, и что оно не становится менее загадочным по мере того, как мы узнаем о нем больше. Оно предстало в совершенно новом и странном виде во время затмения, которое посетило Западные штаты Северной Америки 29 июля 1878 года. Условия наблюдения были особенно благоприятными. Погода стояла превосходная; небо над Скалистыми горами было настолько чистым, что позволяло несколько ночей подряд обнаруживать спутники Юпитера невооруженным глазом. Была максимально использована возможность углубления знаний. Почти сотня астрономов, включая нескольких англичан, заняли двенадцать отдельных постов и приготовились к массовой атаке.

Этот вопрос часто напрашивался сам собой и был естественным: соответствует ли корона общему состоянию солнца? меняется ли оно по форме или яркости в зависимости от прохождения периода солнечных пятен? Вряд ли можно было выбрать более благоприятный момент для получения ответа на этот вопрос, чем тот, в который произошло затмение. Солнечное возмущение как раз тогда было на самом низком уровне. Развитие пятен за июль 1878 года было представлено в системе "относительных чисел" Вольфа дробью  $0 \cdot 1$ , по сравнению с  $135 \cdot 4$  за декабрь 1870 года, эпоху максимальной активности. "Хромосфера"[534] была по большей части неглубокой и неподвижной; ее глубина над зонами пятен снизилась примерно с 6000 до 2000 миль;

[535]протуберанцы были немногочисленными и слабыми.

Очевидно, что если бы существовал тип короны, соответствующий минимуму солнечных пятен, его можно было бы увидеть тогда или никогда. Это *было* замечено; но хотя в некоторых отношениях это соответствовало ожиданиям, в других полностью сводило их на нет.

В целом было признано, что корона 1878 года по сравнению с коронами 1869, 1870 и 1871 годов уменьшила свои основные очертания и значительно уменьшила яркость. Локьер сказал, что он в десять раз слабее, чем в 1871 году; Харкнесс оценил его

яркость менее чем в одну седьмую от затуманенного ореола 1870 года.[536] По форме он также заметно отличался. Когда солнечных пятен много, корона кажется наиболее полностью развитой над зонами пятен, таким образом, предлагая нашим глазам грубо четырехугольный контур. Четыре больших светящихся пучка, образующих углы квадрата, состоят из лучей, изгибающихся с каждой стороны в "синклинальные" или оживальные группы, каждую из которых можно сравнить с лепестком цветка. Янссену в 1871 году затмевающая луна казалась темной сердцевинкой гигантского георгина, нарисованной светом на небе; и сходство с орнаментом на карте-компасе, использованной Эйри в 1851 году, хорошо передает декоративный эффект лучевого ореола, который, по-видимому, никогда не исчезает, когда солнечная активность находится на достаточно высоком уровне. В своем великолепном томе о затмениях,[537], с которого, можно сказать, началось систематическое изучение структуры короны, м-р Рэньярд впервые обобщил синклинальную особенность путем сравнения записей; но симметрия расположения, хотя и часто поразительная, может быть спутана вторичными образованиями. Далее он указал с помощью тщательных рисунков по фотографиям 1871 года, сделанным мистером Уэсли, на изогнутые и ветвящиеся формы, которые принимают составляющие нити массивных пучков лучей. Однако ничего из всего этого не было видно в 1878 году. Вместо этого в качестве основы короны было видно кольцо жемчужного света, туманное для глаза, но в телескопы и на фотографиях видно, что оно имеет волокнистую текстуру, как будто состоит из пучков тонких волосков. К северу и югу от каждого из солнечных полюсов с заметной регулярностью расходились короткие, яркие, похожие на электрические разряды факелы. Их направление было не к центру солнца, а к каждой вершине его оси, так что дальние лучи с обеих сторон начинались почти по касательной к поверхности.

Но главной и поистине удивительной характеристикой этого явления были два огромных, слабо светящихся *крыла* света, развернутых по обе стороны от солнца в направлении эклиптики. Они были пропущены очень немногими внимательными наблюдателями; но степень, отведенная им, варьировалась в зависимости от мастерства и возможностей для наблюдения. Безусловно, самые поразительные наблюдения были сделаны Ньюкомбом в Сепарировании (Вайоминг), Кливлендом Эббе с уступа Пайкс-Пик и Лэнгли с его вершины, расположенной на высоте 14 100 футов над уровнем моря. Никогда прежде затмение не наблюдалось с чего-либо, приближающегося к такой высоте,

или под таким прозрачным небом. Доказательством значительного уменьшения атмосферного сияния стала видимость короны через четыре минуты после завершения полного свечения. В течение 165 секунд его продолжительности упомянутые выше замечательные полосы оставались "постоянно видимыми", простираясь справа и слева от солнца на расстояние не менее десяти миллионов миль! Одна ветвь была прослежена на видимой протяженности полных двенадцати лунных диаметров, без признаков достижения определенного окончания; и не было никаких оснований предполагать, что другая более ограничена.

Сходство с зодиакальным светом было поразительным, и напрашивалась общность происхождения этого загадочного элемента нашей системы и короны. Действительно, нам следовало бы ожидать увидеть при таких исключительно благоприятных атмосферных условиях, какими пользовался профессор Лэнгли на Пайкс-Пик, *корни* зодиакального света, проявляющиеся вблизи солнца именно так, как он наблюдал; но мы не можем представить себе причин, по которым их видимость должна быть связана с низким уровнем солнечной активности. Тем не менее, похоже, что так обстоит дело с серпантинами, которые поразили астрономов в 1878 году. Ибо в августе 1867 года, когда подобные экваториальные излучения, сопровождавшиеся подобными симптомами полярного возбуждения, были описаны и изображены Грошем[538] Обсерватории Сантьяго, солнечных пятен было минимум; в то время как корона 1715 года, которая появляется из записи об этом Роджера Котса[539] должны были быть того же типа, которым предшествовали три года с последующим максимумом. Затменное солнце было замечено им в Кембридже 2 мая 1715 года, окруженное кольцом света шириной примерно в одну шестую диаметра Луны, на которое был наложен светящийся крест, образованный длинными яркими ветвями, лежащими почти в плоскости эклиптики, и более короткими полярными рукавами, настолько слабыми, что их можно было видеть лишь периодически. Сходство между его эскизом и рисунком короны Кливленда Аббе 1878 года чрезвычайно поразительно. Следует, тем не менее, отметить, что во время затмения Котса на солнечном диске были видны некоторые заметные пятна и что предыдущий минимум (по словам Вольфа) пришелся на 1712 год. Таким образом, совпадение эпох несовершенно.

Профессор Кливленд Аббе был полностью убежден, что длинные лучи, тщательно наблюдаемые им с Пайкс-Пик, были не чем

иным, как потоками метеоритов, несущихся к перигелию или из него; и совершенно очевидно, что окрестности Солнца должны быть переполнены такими телами. Но особая структура у основания лент, изображенных на фотографиях, изогнутые лучи, сходящиеся в остроконечных арках, похожих на готические окна, видимая тенденция к подъему, нитевидная текстура,[540] безошибочно говорят о действии сил, исходящих *от* солнца, а не о посторонней материи, кружащейся вокруг него.

Еще одно доказательство симпатических изменений в короне дает анализ ее свечения. В 1878 году яркая линия, столь заметная в спектре короны в 1870 и 1871 годах, поблекла до самого предела видимости. Нескольким опытным наблюдателям вообще не удалось увидеть его; но Янгу и Истмену удалось проследить зеленый луч "корониума" по всему периметру солнца до высоты, оцениваемой в 340 000 миль. Таким образом, излучающее его вещество присутствовало, хотя и в слабом состоянии накала. Непрерывный спектр был относительно сильным; слабые следы линий Фраунгофера свидетельствовали о его происхождении, частично из-за отражения; и поляризация была несомненной, увеличиваясь к границе, тогда как в 1870 году она достигла максимума на значительном расстоянии от нее. Эксперименты с тасиметром Эдисона, по-видимому, показали, что корона излучает ощутимое количество тепла.

Следующее многообещающее затмение произошло 17 мая 1882 года. Ставшее обычным в таких случаях собрание астрономов собралось на этот раз в Сохаге, в Верхнем Египте. Редко когда семьдесят четыре секунды расходовались на такой счет. Каждому наблюдателю была поставлена особая задача, и преимущества строгого разделения труда были заметны в разнообразии и объеме полученной информации.

1882 год был одним из многочисленных солнечных пятен. Накануне затмения было подсчитано двадцать три отдельных пятна. Если бы в теории, связывающей формы короны с колебаниями солнечной активности, была хоть капля правды, можно было бы ожидать, что обширные экваториальные расширения и полярные "щетки" 1878 года были бы заменены звездообразной структурой 1871 года. Это ожидание буквально оправдалось. Боковых растяжек видно не было. Всеобщая неспособность воспринять их после тщательного поиска в небе самой прозрачной чистоты оправдывает решительное утверждение, что *их там не было*. Вместо этого был воспроизведен тип короны, наблюдавшийся в Индии

одиннадцатью годами ранее, с его сияющими гранями, сложной текстурой и ярким излучением.

Спектроскоп дал соответствующие показания. Отраженный свет, исходящий от короны, был слабее, чем в 1878 году, в то время как его первоначальное излучение было пропорционально усилено. Тем не менее, большинство ярких линий, зарегистрированных как корональные[541], несомненно, были вызваны рассеянным хромосферным светом. В этом случае была предпринята первая успешная попытка сфотографировать корональный спектр, полученный обычным способом с помощью щели и призм, при этом также с пользой использовалась призматическая камера. Это позволило выявить по крайней мере один важный факт — необычную силу в хромосферных областях двойных фиолетовых лучей кальция, обозначенных буквами "H" и "K"; а съемка протуберанцев ознаменовала его улучшение, зарегистрировав в спектре одного такого объекта двадцать девять лучей, включая многие из ультрафиолетовой серии водородных лучей, открытых сэром Уильямом Хаггинсом в излучении белых звезд.[542]

Сделанные доктором Шустером фотографии самой короны были самыми обширными и подробными из всех, которые когда-либо были получены. Одна трещина отпечаталась на пластинах на расстоянии почти полутора диаметров от края; о прозрачности полос можно было судить по тому, что сквозь них просвечивал тонкий узор за их пределами. Была добавлена необычная и живописная особенность яркой кометы, изображающей себя во всей изысканной грации быстрого движения, выдаваемой изящным изгибом ее хвоста, спешащей прочь после одного из своих редких визитов к нашему солнцу, и на мгновение ставшей видимой из-за того великолепия, в котором она была, и снова быстро скрывшейся.

На основе тщательного изучения этих ценных записей сэра Уильяма Хаггинс вывел идею о возможном способе фотографирования короны *без затмения*. [543] Как уже говорилось, его обычная невидимость полностью обусловлена "бликами" или отраженным светом, рассеянным в нашей атмосфере. Но Хаггинс обнаружил, изучая негативы Шустера, что значительная доля света в корональном спектре, как непрерывного, так и прерывистого, собирается в фиолетовой области между линиями Фраунгофера G и H. Тогда он надеялся, что, исключая все другие лучи, он может оказаться достаточно сильным, чтобы подавить враждебный яркий свет и запечатлеть на подготовленных пластинах, благодаря *мстному* превосходству в освещающей

силе, формы придатка, которым он излучается.

Его эксперименты были начаты ближе к концу мая 1882 года, и к 28 сентября он добился серьезного успеха. Исключение всех других свойств света, кроме того, с которым он хотел работать, было достигнуто за счет использования хлорида серебра в качестве чувствительного материала, поскольку это вещество химически инертно ко всем другим лучам, кроме тех точных, в которых корона имеет преимущество.<sup>[544]</sup> Пластины, таким образом, сенсibilизированные, получали оттиски, которые вряд ли можно было расценить как поддельные. "Не только общие черты, - подтвердил капитан Эбни,<sup>[545]</sup> "одинаковы, но и детали, такие как трещины и серпантины, имеют одинаковое положение и форму". Более того, было обнаружено, что корона, сфотографированная во время полного затмения 6 мая 1883 года, была промежуточной по форме между коронами, сфотографированными сэром Уильямом Хаггинсом до и после этого события, причем каждое изображение занимало надлежащее место в серии прогрессивных модификаций, весьма интересных сами по себе и многообещающих с точки зрения ценности метода, использованного для их записи.<sup>[546]</sup> Но эксперименты по этому предмету были странным образом прерваны. Взрыв вулкана в Зондском проливе в августе 1883 года принес астрономам особенно неприятное дополнение к их трудностям. Великолепные солнечные лучи, вызванные дифракционным воздействием на свет паров и мелкой пыли, в огромных количествах выбрасываемых в воздух и быстро рассеивающихся по всему земному шару, свидетельствовали о том, что атмосферное состояние из всех прочих наиболее неблагоприятно для тонких исследований в окрестностях Солнца. Соответственно, пленчатые корональные формы, которые, как мы надеялись, были прослежены на пластинах Талс-Хилл, перестали там появляться; и никаких существенно лучших результатов, полученных мистером К. Рзем Вудсом в более чистом воздухе Риффеля или мыса Доброй Надежды, в течение трех последующих лет получено не было. Более того, попытки получить корональные фотографии во время частичных фаз затмения 29 августа 1886 года полностью провалились. Ни на одной из пластин, открытых в Гренаде, ни одна часть лунного шара не была рельефно видна на фоне окружающего солнечного сияния; и те остатки "структуры", которые там имелись, были едва ли не лучше видны *на Луне*, чем *рядом с ней*, таким образом сразу



выдавая себя за имеющие атмосферное происхождение.

О том, что искомый эффект вполне возможен, свидетельствует отчетливый вид луны, спроецированной на корону, на фотографиях частично затмевающего солнца в 1858, 1889 и 1890 годах, и особенно в 1898 и 1900 годах.[547]

Весной 1893 года профессор Хейл[548] взялся за проблему фотографирования короны при дневном свете, используя метод "двойной щели", столь в высшей степени полезный для определения контуров протуберанцев.[549] Но ни в Кенвуде, ни на вершине Пайкс-Пик, куда в течение лета он перевез свой аппарат, не было обеспечено никаких действий желаемого рода. Подобный неудачный опыт сопутствовал его работе с профессором Рикко на горе Этна в июле 1894 года над специально разработанным коронографом. Однако уныние не привело к отчаянию.

Поставленная цель действительно слишком важна, чтобы от нее можно было так просто отказаться; но она может быть достигнута только тогда, когда более детальное знакомство с природой коронального света, чем у нас есть сейчас, укажет на подходящий прием для придания ему преимущественного преимущества в автопортретной живописи. Более того, эффективность этого устройства не исключено может быть повышена за счет изменений в спектре короны в периоды максимума солнечных пятен.

Успешный результат наблюдений Сохага вызвал желание повторить их при первой же благоприятной возможности. Это произошло год спустя, 6 мая 1883 года, но не без недостатков, присущих земным условиям. Обещанное затмение было редкой продолжительности, дав не менее пяти минут и двадцати трех секунд полной темноты, но его путь представлял собой почти исключительно "водную дорожку". Он коснулся суши только на окраине группы Маркизских островов в Южной части Тихого океана и представлял собой единственную доступную точку опоры для наблюдателей - коралловый риф под названием Остров Кэролайн, семь с половиной миль в длину и полторы в ширину, неизвестный ранее 1874 года и посещаемый только ради его запасов гуано. Редко можно было найти более поразительное доказательство живости человеческого любопытства к состоянию миров за пределами нашего собственного, чем в собрании группы выдающихся людей из главных центров цивилизации на бесплодном хребте, изолированном в обширном и бурном океане, на расстоянии, во многих случаях, 11 000 миль и выше от обычного места их работы. И все эти жертвы — затраты и забота



о подготовке, транспортировке и переналадке тонких инструментов, изобретение новых и более тонких средств исследования явлений — ради призрачного шанса на ясное небо в течение каких-то пяти минут! Событие, хотя и удачное, подчеркнуло рискованность предприятия. Наблюдение затмения стало возможным только благодаря счастливой случайности - безмятежному промежутку между двумя штормами.

Американскую экспедицию возглавлял профессор Эдвард С. Холден, и к ней было вежливо разрешено присоединиться господам Дж. Лоуренс и Вудс, фотографы, присланные Лондонским королевским обществом. М. Янссен был главой миссии Французской академии; из Медона его сопровождал Трувело, из Вены к нему присоединился Пализа, а из Рима - Таккини. Большая часть проделанной работы была направлена на подтверждение или опровержение предыдущих результатов. Обстоятельства затмения благоприятствуют иллюзии. Единственное наблюдение, сделанное одним-единственным наблюдателем в незнакомых условиях и в момент особого возбуждения, вряд ли можно рассматривать как нечто большее, чем предложение для будущих исследований. Но недоверие может зайти слишком далеко. Янссен, например, чувствовал себя вынужденным из-за сохраняющихся неразумных сомнений посвятить несколько драгоценных минут неизвестности на Каролин-Айленд подтверждению того, что, по его собственному убеждению, не нуждалось в подтверждении, а именно наличия отраженных фраунгоферовских линий в спектре короны. Трувело и Палиса, с другой стороны, начали исчерпывающий, но бесплодный поиск ложных "внутримеркурианских" планет, объявленный Свифтом и Уотсоном в 1878 году.

Однако новая информация не была недостаточной. Тип короны оказался идентичным типу короны 1882 года,<sup>[550]</sup> соответствует тому, что ожидалось в эпоху продолжительной солнечной активности. Характерные эгретки были еще более яркими, чем в предыдущем году, а химическое воздействие коронального света оказалось необычайно интенсивным. Фотографии Янсена, благодаря значительным отверстиям (шесть и восемь дюймов) его объективных очков и длительным выдержкам, допускаемым продолжительностью съемки, были исключительно совершенными; они дали короналю большее расширение, чем можно было проследить с помощью телескопа,<sup>[551]</sup> и показали ее формы как абсолютно неподвижные и замечательной сложности.. Janssen.

Английские снимки, сделанные с выдержкой до шестидесяти секунд, также представляли большую ценность. Они демонстрировали детали структуры от края до кончиков стримеров, которые заканчивались определенно, и, как казалось на самом деле, там, где заканчивались отпечатки на пластинах. Также был успешно сфотографирован корональный спектр, и хотя полностью обращенный слой не был зафиксирован, был зафиксирован отпечаток некоторых из его наиболее заметных лучей непосредственно перед и после тотальности. Использование призматической камеры было затруднено аномальным количеством протуберанцев.

Используя хитроумный прибор для одновременного просмотра спектра с обеих сторон солнца, профессор Гастингс заметил на Каролин-Айленд чередования с продвижением Луны на соответствующих высотах над правым и левым солнечными ветвями зеленой линии короны, которые, как считалось, означают, что корона с ее разрывами, пучками и "спутанными прядями" лучей, в конце концов, является всего лишь иллюзорным видением, создаваемым дифракцией солнечного света на краю Луны.[552] Но замечание, несомненно, вводило в заблуждение или было неверно истолковано. Атмосферная *диффузия* действительно может, при благоприятных обстоятельствах, быть эффективной в обманчивом увеличении солнечных придатков; но всегда в очень ограниченной степени.

Давний спор о роли нашего воздуха в создании сияния, видимого вокруг затменного солнца. В своем первоначальном виде, это правда, оно подошло к концу, когда профессор Харкнесс в 1869 году,[553] указал, что тень Луны падает одинаково на воздух и на землю, и что, если бы у солнца не было светящихся придатков, круглое пространство почти абсолютной темноты, следовательно, окружало бы видимые места наложенных друг на друга солнца и Луны. Мистер Проктор,[554] с присущей ему способностью привлечь внимание общественности к этой математически достоверной истине; и сэр Джон Гершель вычислил, что диаметр создаваемого таким образом "негативного ореола" будет, в общем, не менее  $23^{\circ}$ .

Но примерно в то же время стало известно примечательное обстоятельство, касающееся положения вещей в окрестностях Солнца. 11 февраля 1869 г. господы Дж. Франклэнд и Локьер сообщили Королевскому обществу о серии экспериментов по изучению газовых спектров при различных условиях нагрева и плотности, которые привели их к выводу, что более высокие

солнечные протуберанцы существуют в среде с чрезмерной разреженностью и что даже у основания хромосферы давление намного ниже, чем у поверхности Земли.<sup>[555]</sup> Этот вывод был полностью подтвержден исследованиями Вюльнера; и Янссен высказал мнение, что хромосферные газы разрежены почти до уровня вакуума воздушного насоса.<sup>[556]</sup> Отсюда было выведено общее и полностью обоснованное убеждение, что за пределами хромосферы не может быть такой обширной атмосферы, какую, по-видимому, представляет корона. Благодаря силе этого убеждения теория "блика" вступила, главным образом под эгидой сэра Нормана Локьера, во вторую стадию своего существования.

Допускалась подлинность "внутренней короны" на высоте 5' или 6' от края; но предполагалось, что за счет детального отражения ее света в нашем воздухе оптически была создана гораздо более обширная "внешняя корона", причем неровности края Луны использовались для объяснения лучей и трещин, с помощью которых изменялась ее структура. Эта точка зрения получила некоторое подтверждение после наблюдения адмиралом Макклиром во время затмения 1870 года ярких линий "повсюду" — даже в центре лунного диска. Здесь, действительно, был несомненный случай атмосферной диффузии; но здесь также был надежный показатель степени ее распространения. Свет рассеивается одинаково во всех направлениях; так что, когда лик Луны во время затмения показывает (как это обычно бывает) пробел в спектроскопе, совершенно очевидно, что корона заметно не увеличена по атмосферным причинам. Небо, затянутое тонкими перистыми облаками, и воздух, насыщенный водяными парами, в полной мере объясняли аномальное количество рассеяния в 1870 году.

Но даже в 1870 году были получены положительные доказательства существенной реальности излучаемой внешней короны в виде появления на фотопластинках, экспонированных Уиллардом в Испании и Братьями на Сицилии, идентичных темных трещин. Истина заключается в том, что она далека от того, чтобы развиваться под воздействием туманного воздуха, но особенно подвержена его стиранию. Чем чище небо, тем более обширной, блестящей и сложной в деталях структуры кажется корона. Возьмем в качестве примера описание генералом Майером затмения 1869 года, увиденного с вершины горы Уайт-Топ, штат Вирджиния, на высоте 5523 фута над уровнем моря, в атмосфере необычайной ясности.

"Невооруженному глазу", - написал он.<sup>[557]</sup> "затмение

представило во время полной темноты великолепное видение, не поддающееся описанию. В центре возвышался полный и чрезвычайно черный диск Луны, окруженный ореолом мягкого яркого света, сквозь который, как бы из окружности Луны, пробивались прямые, массивные серебристые лучи, казавшиеся отчетливыми и отделенными друг от друга на расстоянии двух или трех диаметров солнечного диска; все это зрелище было видно как бы на фоне рассеянного розового света".

В тот же день в Де-Мойне Ньюкомб смог разглядеть сквозь несколько затянутый дымкой воздух отсутствие длинных лучей, а четырехконечный контур короны достигал в самом дальнем месте лишь *одного полудиаметра* от Луны. Очевидный факт, что наша атмосфера действует скорее как вуаль, скрывающая сияние короны, чем как среда, через которую оно визуальнo формируется, становится очевидным из дальнейших бесчисленных записей.

Во время затмения 9 сентября 1885 года не было сделано никаких важных наблюдений. Путь в полной неизвестности коснулся суши только у берегов Новой Зеландии, и две минуты были внешним пределом доступного времени. Следовательно, местные наблюдатели имели это явление в своем распоряжении; им даже погода не благоприятствовала в их попытках извлечь из него максимум пользы. Однако было обнаружено одно поразительное явление. Это были два "белых" протуберанца необычной яркости, сияющие, как пара электрических ламп, подвешенных по одной на каждом конце солнечного диаметра, прямо над местами двух больших пятен.[558] Это совпадение диаметрально противоположных возмущений встречается слишком часто, чтобы быть случайным. Месье Трувело наблюдал в Медоне 26 июня 1885 г. два расположенных таким образом активных и мимолетных протуберанца, каждый из которых поднимался на огромную высоту 300 000 миль; а 16 августа один едва ли менее примечательный, уравновешенный противоположной группой пятен.[559] Он вздымался вверх, словно в процессе *развертывания*, на четверть миллиона миль; после чего, через две минуты, свет от него погас; он полностью потух. Развитие, опять же от концов диаметра, пары похожих объектов наблюдал 19 и 20 сентября 1893 года отец Фени, директор обсерватории Калоча; и это явление слишком часто повторялось, чтобы быть случайным.

Затмение 29 августа 1886 года было полным в течение примерно четырех минут над тропическими районами Атлантики; и

английская экспедиция, возглавляемая сэром Норманом Локьером, была соответственно направлена на Гренаду в Вест-Индии с целью использования предоставленной ею возможности. Но сезон дождей как раз тогда был в самом разгаре: облака и шквалы были обычным делом, и тщательно спланированная программа наблюдений могла быть выполнена лишь частично. Тем не менее, была проделана хорошая работа. Профессор Таккини, который был приглашен сопровождать вечеринку, помимо этого выяснил несколько важных фактов о протуберанцах. Из сравнения их форм и размеров во время и после затмения выяснилось, что при обычных обстоятельствах спектроскоп показывает только растущие парообразные ядра этих объектов; их верхние участки, дающие слабый непрерывный спектр и состоящие предположительно из более холодных материалов, можно увидеть только тогда, когда завеса рассеянного света, обычно покрывающая их, будет удалена во время затмения. Таким образом, все выступы скромной высоты имеют серебристые вершины; но, по-видимому, не все они обладают "красной сердцевинкой пламени", благодаря которой только они могут быть заметны при дневном наблюдении. Некоторые оказываются обычно невидимыми, потому что покрыты серебром — так сказать, "покрытые пленкой призраки", встречающиеся только в темноте.

Представители этого класса были отмечены еще в 1842 году, но Таккини первым обратил на них особое внимание. Та, которую он наблюдал в 1886 году, поднялась в виде разветвления на высоту 150 000 миль и дала блестяще непрерывный спектр с яркими линиями в точках H и K, но без линий водорода.<sup>[560]</sup> Отсюда полная невидимость объекта до и после затмения. Во время затмения его видели как бы обрамленным остроконечной аркой коронального света, симметричное расположение которой по отношению к нему было, очевидно, значительным. Как его неподдрессоренная форма, так и сильно испускаемые им фиолетовые лучи кальция противоречили предположению о том, что "белые протуберанцы" представляют собой поток охлажденных материалов.

На короне 1886 года, сфотографированной доктором Шустером и мистером Маундером, не было ни лепестков и перьев 1871 года, ни выпелов 1878 года. Это может быть вызвано типом перехода.<sup>[561]</sup> Широкие полярные разломы были заполнены пучками излучения и ограничены с обеих сторон нерегулярно расположенными составными светящимися массами. В юго-западном квадранте треугольный луч, заметный невооруженным

глазом, представлял, по мнению мистера У. Х. Пикеринга, проекцию огромного полого конуса.[562] С ним любопытным образом были связаны разветвленные и загибающиеся струи. Собственная фотографическая яркость короны, судя по измерениям Пикеринга, составляла примерно 1/54 яркости средней поверхности полной Луны.

Затмение в России 19 августа 1887 года можно запомнить только как катастрофический провал. От него многого ожидали. Тропа теней пролегла по суше от Лейпцига до Японского моря, так что, как надеялись, наблюдателям, расположенным эшелонированно на расстоянии 6000 миль, будут видны особенности солнечного освещения. Но непредсказуемая стихия погоды сделала все прогнозы несостоятельными. Тучи так и не разошлись в течение критических трех минут над Центральной Россией, где было расквартировано множество отрядов, и профессору Д. П. Тодду не повезло в Японии. Некоторые хорошие фотографии были, тем не менее, обеспечиваются профессор Арай, директор обсерватории Токио, а также На ММ. Bélopol'sky и Глазенапа в Петровск и Jurjevitch соответственно. Они показали корону более простой формы, чем годом ранее, но еще не того ярко выраженного типа, который мистер Рэнъярд впервые связал с самой низкой стадией солнечной активности.

Подлинность ассоциации была подтверждена повторным зрелищем следующего минимального года. В 1889 году произошло два полных солнечных затмения. Первый состоялся в День Нового года, когда Калифорнию пересекла узкая теневая дорожка, позволившая провести менее двух минут многочисленным экспериментам, вызванным разнообразием современных методов исследования. Американские астрономы воспользовались случаем в полной мере. Небеса были благосклонны. Были получены фотографические записи в беспрецедентном количестве и необычайного качества. Их сравнение и изучение не оставило разумных сомнений в том, что излучаемая корона, относящаяся к периодам максимального количества солнечных пятен, уступает место, в периоды минимума, "крылатому" типу 1878 года. Профессор Холден далее заметил, что экваториальные расширения, характеризующие последние, имеют тенденцию принимать "форму трубы".[563] Их конечности расходятся, как будто взаимно отталкиваясь, вместо того, чтобы соединяться в медиальной плоскости. Максимальная актиническая яркость короны 1 января 1889 года была определена в Лике как в двадцать один раз меньшая, чем в полнолуние.[564] Его цвет был описан как "интенсивно

светящийся серебристый с голубоватым оттенком, подобный свету электрической дуги".[565] Его спектр был сравнительно простым. На призматическом фоне выделялось очень мало ярких линий, кроме линий водорода и корония, и, по-видимому, ни одной темной.

"Заметными структурными особенностями короны, представленными на негативах", сделанных профессорами Нифером и Чарроппином, были нити и растяжки. Нити исходили из полярных калотов радиусом  $20^\circ$ .

"Впечатление, создаваемое глазом", - писал профессор Притчетт, [566] "заключается в том, что экваториальный поток более плотного вещества короны простирается поперек и сквозь нити, просто заслоняя их своей большей яркостью. Эффект такой же, как если бы экваториальный пояс был наложен на нитевидную структуру или пропущен сквозь нее. На фотографиях нет ничего, что доказывало бы, что нити не существуют по всему периметру солнца.[567] Данные негативов разной продолжительности экспозиции показывают, что экваториальные полосы состоят из множества переплетающихся частей, наклоненных под разными углами к солнечному экватору ".

Расширения короны, заметные невооруженным глазом на расстоянии более  $3^\circ$  от солнца, на лучших негативах составляли едва ли треть этой длины. Немногим больше их можно было разглядеть ни на изысканных миниатюрных снимках Барнарда, ни на фотографиях, полученных У. Х. Пикерингом с помощью тринадцатидюймового рефрактора - самого большого инструмента, который до сих пор использовался при съемке затмений.

Полное затмение 22 декабря 1889 года открыло перспективу, к сожалению, не реализованную, устранения некоторых сомнений и трудностей, которые препятствовали прогрессу корональной фотографии.[568] Господа. Бернхэм и Шеберле получили в Кайенне несколько превосходных впечатлений, показав достаточно короны, чтобы доказать ее идентичный характер с тем, что был изображен в начале года, но недостаточно, чтобы передать дополнительную информацию о ее конечных формах или внутренней структуре. Лучший результат действительно был невозможен, поскольку насыщенный влагой воздух снизил актиническую мощность коронального излучения на одну четверть по сравнению с предыдущим значением.

У двух английских экспедиций, организованных Королевским



астрономическим обществом, дела обстояли еще хуже. Мистер Тейлор находился на Западном побережье Африки, в ста милях к югу от Лоанды; отец Перри выбрал местом своих операций острова Салют у берегов Французской Гвианы. Каждый из них был снабжен рефлектором, сконструированным доктором Коммоном, который благодаря чрезвычайно короткому фокусному расстоянию в сорок пять в сочетании с апертурой в двадцать дюймов обладал силой концентрации света, способной, как надеялись, заставить самые тонкие ветви короны самостоятельно регистрироваться. Если бы все прошло хорошо, в распоряжении астрономов были бы два набора абсолютно сопоставимых во всех отношениях снимков короны, сделанных с интервалом в два с половиной часа. Но дела шли очень далеко от хорошего. Облака полностью закрыли солнце в Африке; они разошлись только для того, чтобы позволить ему светить сквозь насыщенную атмосферу в Южной Америке. Наблюдения отца Перри были последним героическим усилием умирающего человека. Пораженный малярией, он приполз в больницу, как только закончилось затмение, и скончался пять дней спустя, в море, на борту *Comus*. Он был похоронен на Барбадосе. И жертва его жизни, в конце концов, не принесла решающего успеха. Большинство выставленных им пластин испортились из-за климата или из-за неизбежной задержки в разработке. Рисунок из лучших из них мисс Вайолет Коммон[569] изображал корону, отличающуюся от своей предшественницы 1 января, главным образом противоположно несимметричным расположением ее частей. Тогда западное крыло было шире у основания, чем восточное; теперь неравенство было явно противоположным.[570]

Следующая возможность исправить ошибки прошлого представилась 16 апреля 1893 года. Линия тотальности, намеченная на тот день, пролегла от Чили до Сенегамбии. Американские отряды захватили Анды; оба берега Атлантики были оккупированы англичанами; французские экспедиции под предводительством Деландреса и Бигурдана заняли позиции к югу от Зеленого Мыса. Безмятежному небу в общей сложности благоприятствовало более четырех минут; таким образом, был получен обширный запас фотографических данных. Профессор Шеберле из обсерватории Лик почти без посторонней помощи снял на шахте Бронсес, горнорудной станции на высоте 6600 футов над Тихим океаном, пятьдесят два негатива, восемь из них с помощью сорокафутового телескопа в масштабе четырех с половиной дюймов, равном диаметру Солнца. Не только внутренняя корона, но и множество заметных в то время протуберанцев на них, казалось, состояли из волокнистых струй и



арок, которые считались участками эллиптических орбит, описываемых светящимися частицами вокруг центра солнца.[571] На одной пластине запечатлен любопытный объект,[572] запутавшийся среди корональных потоков, и вера в его кометную природу была подтверждена дарованием кометная медаль в знак признания открытия. Похожие параболаидные формы, тем не менее, иногда наблюдались как неотъемлемая часть более ранних корон; и остается крайне сомнительным, справедливо ли "затмение-комета" Шеберле соответствовала заявленному для нее характеру.

Затмение 1893 года продемонстрировало излучаемую корону, подобную той, которую обязательно принесет год максимума пятен. Однако был установлен неожиданный факт. Считалось, что корональный спектр имеет много общего со спектром хромосферы; при исследовании с помощью большой призматической камеры, использованной мистером Фаулером из Фундиум под руководством сэра Нормана Локьера, оказалось, что он абсолютно отличается от него. Фундаментальный зеленый луч имел на западноафриканских плитах еще семь преломляемых ассоциатов:[573] но все они одинаково неизвестного происхождения. Они могут быть вызваны многими веществами или одним; возможно, это решат будущие исследования; в настоящее время мы можем только сказать, что газообразное излучение короны не содержит водорода, гелия, кальция или любого другого узнаваемого земного элемента. Попытка Деландра определить вращение короны по противоположным смещениям фиолетовых кальциевых линий, которые, как предполагалось, составляют часть спектра короны, к востоку и западу от вставленной Луны, таким образом, оказалась несостоятельной. Тем не менее, это дало серьезный успех, определенно введя тему в постоянно расширяющуюся программу работы с затмениями. Однако существует небольшая перспектива эффективного лечения до тех пор, пока зеленая линия не оживится благодаря новому всплеску солнечной активности.

Пролет лунной тени 9 августа 1896 года сопровождался ужасной погодой. Кроме того, она пересекала некоторые из самых негостеприимных регионов на поверхности земли и предоставляла в лучшем случае лишь краткий период безвестности. Однако на Новой Земле условия были относительно благоприятными, и, как мы видели, трофей в виде "флэш-спектрографа" был унесен. Более того, некоторые фотографии короны, сделанные покойным сэром Джорджем Баден-Пауэллом[574] и М. Ханским, членом российской партии,

были отмечены особенностями, представляющими значительный интерес. Они сделали очевидной тесную связь между корональными оттоками и хромосферными струями, конусообразными пучками, служащими оболочками протуберанцев. М. Хански,[575] действительно, считалось, что у основания каждого стримера есть хромосферное извержение. Кроме того, темные прожилки необычной формы безошибочно прерывали свет короны и обрамляли блестящие протуберанцы, [576] напоминающие нам определенные "черные линии", проведенные Свифтом поперек "выступа наковальни" 7 августа 1869 года.[577] По типу корона 1896 года воспроизводила корону 1886 года, как и подобало ее промежуточному положению в солнечном цикле.

Трасса затмения 22 января 1898 года пересекла Индийский полуостров от Визиадруга, на Малабарском побережье, до Эвереста в Гималаях. Нигде ни одно облачко не загораживало обзор, и был собран беспрецедентный урожай фотоматериалов. Спектр вспышки в его последовательных фазах появился на снимках, сделанных сэром Норманом Локьером, мистером Эвершедом, профессором Кэмпбеллом,[578] и другими; профессор Тернер[579] положила начало новому способу исследования, изобразив корону в поляризованном компоненте ее света; Миссис Маундер[580] практически решила проблему фотографирования слабых корональных расширений, один луч на ее пластинах проходит почти на шесть диаметров от края Луны. Тем не менее, она использовала объектив Даллмейера с диафрагмой всего в полтора дюйма. Ее успех полностью согласуется с выводом профессора Уодсворта о том, что эффективность определения границ с помощью незначительных контрастов яркости обратно пропорциональна диафрагме. Пластины с тройным покрытием и сравнительно длительная экспозиция в двадцать секунд способствовали получению результата, который в течение некоторого времени вряд ли можно было превзойти. Корона 1898 года имела неоднозначный вид. Полярные плюмы, достигшие минимума, были объединены в нем с четырехугольными оживлениями, принадлежащими к максимумам пятен. На самом деле, казалось, происходил медленный процесс трансформации; и было установлено, что он завершился в 1900 году, когда затмение 28 мая выявило типичный ореол покоящегося солнца.

Затемнение в этом случае было кратковременным — менее 100 секунд, — но было хорошо замечено к востоку и западу от Атлантики. Однако существенного увеличения объема знаний это

не привело. Действительно, с помощью болометра Лэнгли были проведены важные эксперименты по нагреву короны, но их результат вряд ли можно признать решающим. Они указывали на заметный дефицит теплового излучения, что, по мнению профессора Лэнгли, подразумевает для коронального света, по[581] происхождение, аналогичное происхождению электрического тлеющего разряда, который при низких давлениях, как обнаружил К. Ангстрем в 1893 году, не имеет невидимого теплового спектра.[582] Корона была сфотографирована профессором Барнардом из Уодсборо, Северная Каролина, с помощью горизонтального "целостата" высотой 61-1/2 фута. В этом приборе того типа, который сейчас широко используется при операциях с затмением и впервые рекомендован профессором Тернером, шестидюймовый фотографический объектив сохранял неизменное положение, в то время как посеребренное плоское зеркало, вращающееся с помощью часового механизма один раз в сорок восемь часов (поскольку угол перемещения удваивается за счет отражения), давало свет, который оно фокусировало. Временная деревянная трубка соединяла объектив с фотолабораторией, где экспонировались пластинки. Снимки, полученные таким образом с выдержкой от одной до четырнадцати секунд, были описаны как "удивительно четкие и идеально очерченные, очень красиво показывающие протуберанцы и внутреннюю корону. Болельщики polar выступили великолепно".[583]

Великое затмение на Суматре оставило после себя множество воспоминаний о несбывшихся ожиданиях. В общей сложности более шести минут привлекли наблюдателей на Дальний Восток с нескольких континентов, каждый из которых вынашивал план расследования, который немногим было суждено осуществить. На всем протяжении линии тени, которая 18 мая 1901 года пересекла Реюньон и Маврикий и снова встретила с сушей у Суматры и Борнео, метеорологический прогноз был сомнительным, а метеорологическая действительность в целом плачевной. Тем не менее, корона была замечена и довольно хорошо сфотографирована сквозь дрейфующие облака и оказалась в основном похожей на придаток, виденный годом ранее. Негативы, сделанные членами экспедиции обсерватории Лик во главе с мистером Перрином[584] раскрыли уникальное явление сильного коронального возмущения с небольшим компактным выступом в качестве видимого фокуса. Кувыркающиеся массы и нерегулярные потоки, исходящие из точки, впоследствии показанной на фотографиях Гринвича как место расположения заметного пятна, наводили на мысль о недавнем взрыве, далеко

идущие последствия которого можно было проследить по беспорядочной флюктуарной яркости обширного окружающего региона. Опять же, фотографии в поляризованном свете засвидетельствовали, что сияние внешней короны в значительной степени отражено, в то время как сияние внутреннего кольца было оригинальным; и этот вывод был подтвержден спектрографами, зафиксировавшими множество линий Фраунгофера, когда щель находилась далеко от лимба солнца, но ни одной в непосредственной близости от него. На пластинах, экспонированных мистером Дайсоном и доктором Хамфрисом с помощью специального оборудования, корональный спектр, непрерывный и линейчатый, в ультрафиолетовом диапазоне проявлялся более интенсивно, чем в любом предыдущем случае; и доктору Митчеллу удалось сфотографировать обратный слой с помощью спектроскопа с решеткой. Наконец, миссис Маундер на Маврикии, несмотря на опасные атмосферные толчки, получила с помощью телескопа Newbegin превосходную серию снимков короны.[585]

Принципы объяснения, применяемые к короне, можно кратко охарактеризовать как эруптивные и электрические. Первый был принят профессором Шеберле в его "Механической теории", выдвинутой в 1890 году.[586] Согласно этой точке зрения, гало затмения состоит из потоков вещества, выбрасываемых с огромной скоростью из зон пятен силами, действующими перпендикулярно поверхности Солнца. Составляющие частицы возвращаются к Солнцу, описав участки чрезвычайно вытянутых эллипсов, если только их начальная скорость не окажется равной или превышающей критическую скорость в 383 мили в секунду, и в этом случае они окончательно уносятся в космос.

Предполагалось, что перспективное наложение и переплетение этих переливающихся лучей должно было вызвать сложность текстуры, видимой в короне; и следует отметить, что практически идентичный вывод был сделан мистером Перрином в 1901 году, [587] другим ходом рассуждений, основанным на отдельном наборе фактов. Более того, теория, во многом основанная на тех же принципах, была разработана М. Белопольским в 1897 году.

[588] Заслуга Шеберле, однако, заключалась в том, что он предпринял первую адекватную попытку вывести реальную форму короны, поскольку она существует в трех измерениях, из ее проекции на поверхность сферы. Действительно, ему не удалось объяснить различия в типах короналей изменениями в нашем положении относительно солнечного экватора.

Необходимо только отметить, что, если бы это было так, они должны были бы проводиться с ежегодной периодичностью, от

которой не может быть и следа.

Электромагнитные теории обладают тем очарованием и недостатком, что имеют дело в основном с неизвестным. Но они постепенно теряют расплывчатый и неосязаемый характер, который долгое время сохранялся за ними; и улучшенная четкость их очертаний до сих пор не привела их в несоответствие истине. Наиболее многообещающая гипотеза подобного рода принадлежит профессору Бигелоу из Вашингтона. Его умелое обсуждение фотографий затмения 1 января 1889 г.,<sup>[589]</sup> показало поразительное соответствие между наблюдаемыми формами короны и рассчитанными эффектами отталкивающего воздействия, подчиняющимися законам электрического потенциала, также постулированным Хаггинсом в 1885 году.<sup>[590]</sup> Тонко расщепленная материя, выбрасываемая солнцем вдоль силовых линий, исходящих из окрестностей его полюсов, таким образом, имеет тенденцию накапливаться на "эквипотенциальных поверхностях". Однако из уважения к более сильным тогда, чем сейчас, сомнениям в том, совместимо ли наличие свободного электричества с температурой солнца, он избежал какого-либо прямого утверждения о том, что структура короны является электрическим явлением, просто указав, что, если бы это было так, ее детали были бы именно такими, какие они есть.

Позже, в 1892 году, Пупин в Америке,<sup>[591]</sup> и Эберт в Германии,<sup>[592]</sup> имитировали корональные стримеры с помощью электрических разрядов при низких частотах. создайте вакуум между маленькими проводящими элементами и полосками фольги, размещенными снаружи стеклянных емкостей. Наконец, критический эксперимент, проведенный Эбертом в 1895 году, послужил, как справедливо сказал Бигелоу, "прояснению всего предмета и постановке теории на рабочую основу". Получив короноидальные эффекты описанным способом, он приступил к воздействию на них сильного магнитного поля, в результате чего рассеянные лучи были собраны в методичную и наводящую на размышления матрицу. Они следовали направлению магнитных силовых линий и, оставив полярный воротник намагниченной сферы, окружили ее наподобие оборки. На очевидной аналогии с полярным сиянием и солнечной короной настаивал сам Эберт, и она была дополнительно развита Бигелоу.<sup>[593]</sup> Согласно недавней модификации его гипотезы, последним придатком управляют две противоположные системы сил; магнитная, заставляющая лучи расходиться от полюсов к экватору, и электростатическая, побуждающая их распространяться за счет взаимного отталкивания частиц, скопившихся в "крыльях", от

экватора к любому полюсу. Циклическое изменение короны, добавляет он, вероятно, связано с изменением установленного таким образом баланса сил: магнитно-полярное влияние доминирует на минимумах, электростатическое - на максимумах. И он вполне может чувствовать себя воодушевленным удачным сочетанием многих экспериментальных деталей в одно объясняющее целое не меньше, чем обнадеживающей перспективой дальнейших разработок, как практических, так и теоретических, в том же направлении.

То, что мы действительно знаем о короне, можно резюмировать в нескольких словах. Это, конечно, *не* солнечная атмосфера. Он не притягивается к поверхности Солнца и не разделяет его вращение, как наш воздух притягивается к Земле и разделяет ее вращение; и это по той простой причине, что не наблюдается видимого роста давления внизу (о котором безошибочно сообщил бы спектроскоп) в его газообразных составляющих; тогда как под единственным влиянием притягательной силы Солнца их плотность должна быть увеличена во много миллионов раз при снижении на ничтожную долю их реальной глубины.[\[594\]](#)

Они, по-видимому, находятся в постоянном состоянии оттока от нашего великого светила и притока к нему под давлением противостоящих сил. Не исключено, что, по крайней мере, некоторая часть корональных материалов образована в результате извержений тела Солнца;[\[595\]](#) почти наверняка, что они организованы и расположены вокруг него благодаря электромагнитному воздействию. Это, однако, по-видимому, влияет только на их раскаленные добела или отражающие компоненты, из которых состоят стримеры и эгретки; поскольку, судя по наблюдениям во время затмений, корональные газы образуют бесформенную оболочку с конденсациями над зонами пятен или у оснований экваториальных расширений. На корону, несомненно, влияют как по форме, так и по строению периодические приливы и отливы солнечной активности, ее форма во время отлива крылатая, во время прилива звездчатая; в то время как лучи, испускаемые содержащимися в ней газами, тускнеют, а непрерывный спектр становится ярче во времена минимальных солнечных пятен. Придаток в целом, должно быть, невообразимо разрежен, поскольку кометы прокладывают себе путь сквозь него, не испытывая ощутимого замедления. Даже вакуум сэра Уильяма Крукса не может дать представления о разрежении, которое подразумевает этот факт. Тем не менее,

наблюдаемые световые эффекты на самом деле не могут свидетельствовать об этом. По мнению профессора Янга, их могла бы производить одна одиночная молекула на каждый кубический дюйм пространства; в то время как в том же объеме обычного воздуха на уровне моря молекул насчитывается (по словам доктора Джонстона Стоуни) 20 000 триллионов!

Однако самый важный урок, извлеченный из затмений, заключается в том, что они частично независимы от них. Некоторые из его плодов в ежедневном изучении выдающихся личностей будут собраны в следующей главе; и урожай стал более обильным, а также более ценным, поскольку и в этом отделе оказалось возможным заручиться разносторонней помощью фотоаппарата.

## СНОСКИ:

[512] *Vierteljahrsschrift Astr. Ges.*, Jahrg. xxvi., с. 274.

[513] *Astr. Jour.*, vol. iv., p. 33.

[514] *Процедура. Соч.*, т. xvii., с. 116.

[515] *Comptes Rendus*, т. lxvii., стр. 757.

[516] *Comptes Rendus*, т. lxvii., стр. 839.

[517] *Месяц. Нет.*, том. xxvii., стр. 88.

[518] *Процедура. Соч.*, т. xvii., с. 123.

[519] *Вашингтонские наблюдения*, 1867 г., Приложение ii., Отчет Харкнесса, стр. 60.

[520] *Am. Jour.*, vol. xlviii. (2-я серия), стр. 377.

[521] *Am. Jour.*, том xi. (3-я серия), стр. 429.

[522] Кэмпбелл, *Астроф. Jour.*, vol. x., p. 186.

[523] Килер, *Отчеты о затмении 1 января 1889 г.*, стр. 47.

[524] Все в таких наблюдениях зависит от правильного манипулирования щелью спектроסקопа.

[525] *Mem. R. A. S.*, том xli., стр. 435.

[526] *Comptes Rendus*, т. lxvii., стр. 1019.

[527] *Mem. R. A. S.*, том xli., стр. 43.

[528] *Comptes Rendus*, т. xciv., стр. 1640.

[529] Янг, *Пол. Astr.*, октябрь 1897 г., стр. 333.

[530] Дж. Эвершед, *Индийское затмение*, 1898, стр. 65; *Месяц. Нет.*, том. lviii., стр. 298; *Протокол. Соч.*, 17 января 1901 г.

[531] Фрост, *Астроф. Журнал.*, т. xii., стр. 85; Господь, *Там же.*, т. xiii., с. 149.

[532] *Comptes Rendus*, т. cxvii., № 1; *Журнал. Брит. Astr. Ass.*, том iii., стр. 532.

[533] Локьер, *Фил. Пер.*, том. clvii., стр. 551.



[534] Розовая оболочка вещества-протуберанца была названа так Локьером в 1868 году (*Phil. Trans.*, vol. кликс., стр. 430).

[535] Согласно Трувелю (*Wash. Obs.*, 1876, Приложение iii., стр. 80), удаленное вещество, по крайней мере в некоторой степени, накапливалось в полярных областях.

[536] *Бычий текст. Phil. Soc. Вашингтон*, том iii., стр. 118.

[537] *Mem. R. A. S.*, том xli., 1879.

[538] *Astr. Nach.*, No. 1,737.

[539] *Переписка с Ньютоном*, стр. 181-184; Раньярд, *Воспоминания. Astr. Soc.*, том xli., стр. 501.

[540] С. П. Лэнгли, *Вашингтон. Обс.*, 1876, Приложение iii., стр. 209; *Природа*, том lxi., стр. 443.

[541] Шустер (*Протокол. Соч.*, том. xxxv., стр. 154) измерил и сфотографировал около тридцати.

[542] Эбни, *Фил. Пер.*, том. clxxv., стр. 267.

[543] *Процедура. Соч.*, том. xxxiv., стр. 409. Эксперименты, направленные на ту же цель, были проведены доктором О. Лозе в Потсдаме в 1878-80 годах. *Астр. Nach.*, No. 2,486.

[544] Чувствительность хлорида серебра простирается от  $h$  до  $H$ ; то есть над верхней или более преломляемой половиной пространства, в котором сосредоточена основная часть коронального света.

[545] *Процедура. Соч.*, том. xxxiv., стр. 414.

[546] *Отчет британца. Доц.*, 1883, с. 351.

[547] Маундер, *Индийское затмение*, стр. 125; *Затмение 1900 года*, стр. 143.

[548] *Астрофизика*, том. xiii., с. 662.

[549] См. ниже, стр. 197.

[550] Эбни, *Фил. Пер.*, том. clxxx., стр. 119.

[551] *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 592.

[552] *Мемуары Национальной академии наук*, том ii., стр. 102.

- [553] *Wash. Obs.*, 1867, Приложение ii., стр. 64.
- [554] *Солнце*, стр. 357.
- [555] *Процедура. Соч.*, т. xvii., с. 289.
- [556] *Comptes Rendus*, t. lxxiii., p. 434.
- [557] *Wash. Obs.*, 1867, Приложение ii., стр. 195.
- [558] Стоукс, Юбилейный адрес, *Природа*, т. xxxv., стр. 114.
- [559] *Comptes Rendus*, t. c., стр. 50.
- [560] *Гарвардские анналы*, том. xviii., стр. 99.
- [561] Уэсли, *Фил. Пер.*, том. clxxx., стр. 350.
- [562] *Гарвардские анналы*, том. xviii., с. 108.
- [563] *Отчет о лизинге*, стр. 20.
- [564] *Там же.*, стр. 14.
- [565] *Там же.*, стр. 155.
- [566] Публикация. *Астр. Общество Тихого океана*, том iii., стр. 158.
- [567] Профессор Холден пришел к выводу, с меньшими оговорками, "что так называемые "полярные" лучи существуют на поверхности Солнца на всех широтах". *Отчет лика*, стр. 19.
- [568] Холден, *Отчет о затмении в декабре 1889 г.*, стр. 18; Charroppin, изд. *Астр. Общество Тихого океана*, том iii., стр. 26.
- [569] Опубликовано в качестве фронтисписа *Обсерватории*, № 160.
- [570] Уэсли, *Там же.*, стр. 107.
- [571] *Lick Observatory Contributions*.
- [572] *Astr. and Astrophysics*, vol. xiii. с. 307.
- [573] Локьер, *Фил. Пер.*, том. clxxvii., стр. 592.
- [574] Он умер в Лондоне 20 ноября 1898 года.
- [575] *Бычий текст. Академия Санкт-Петербург*, т. vi., стр. 253.
- [576] У. Х. Уэсли, *Фил. Пер.*, том. cxh, стр. 204.

- [577] *Отчеты Lick о затмении 1 января 1889 г.*, стр. 204.
- [578] *Астроф. Jour.*, vol. xi., p. 226.
- [579] *Обсерватория*, том xxi., стр. 157.
- [580] *Индийское затмение*, 1898, стр. 114.
- [581] *Наука*, 22 июня 1900 г.; *Астроф. Jour.*, vol. xii., p. 370.
- [582] *Ann. der Physik*, Bd. xlviii., стр. 528. См. также Вуд, *Physical Review*, том iv., стр. 191, 1896.
- [583] *Наука*, 3 августа 1900г.
- [584] *Бюллетень обсерватории Лик*, № 9.
- [585] *Observatory*, том. xxiv., стр. 321, 375.
- [586] *Отчет Лика о затмении 22 декабря 1889 г.*, стр. 47; *Месяц. Не.*, т. л., стр. 372.
- [587] *Lick Obs. Бык.*, № 9.
- [588] *Бычий текст. de l'Acad. St. Pétersbourg*, t. iv., p. 289.
- [589] *Солнечная корона, обсуждаемая в Spherical Harmonics*, Смитсоновский институт, 1889.
- [590] *Бакерианская лекция, Сборник статей. Соч.*, том. xxxix.
- [591] *Астрофизика*, том xi., стр. 483.
- [592] *Там же.*, том xii., стр. 804.
- [593] *Ат. Журнал. о науке*, том xi., стр. 253, 1901.
- [594] См. Huggins, *Proc. Roy. Soc.*, том. xxxix., стр. 108; Янг, *Северная Америка. Ревью*, февраль 1885 г., стр. 179.
- [595] Профессор У. А. Нортон из Йельского колледжа, по-видимому, был самым ранним официальным сторонником теории вытеснения солнечного окружения во втором (1845) и более поздних изданиях своего *Трактата по астрономии*.

## ГЛАВА IV

### СОЛНЕЧНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

Новому пути, проложенному Янссеном и Локьером, сразу же и с энтузиазмом последовали. Во всех частях Европы, а также в Северной Америке наблюдатели посвятили себя ежедневному изучению хромосферы и протуберанцев. Главными среди них были Локьер в Англии, Зеллнер в Лейпциге, Шперер в Анкламе, Янг в Ганновере, Нью-Гэмпшир, Секки и Респиги в Риме. Было много других, но эти имена бросались в глаза.

Первым пунктом, который необходимо было прояснить, был химический состав. Неторопливые измерения подтвердили присутствие водорода над поверхностью Солнца в огромных объемах, но показали, что натрия не имел никакого отношения к оранжево-желтому лучу, идентифицированному с ним в спешке затмения. Однако из-за близости к D-паре (по сравнению с которой она немного более преломляема) линия протуберанца была обозначена как D\_3, а неизвестное вещество, испускающее ее, Локьер назвал "гелием". Его открытие на земле произошло спустя двадцать шесть лет. В марте 1895 года профессор Рамзи получил из редкого минерала клевита летучий газ, в спектре которого, как было обнаружено, присутствует желтый луч-протуберанец. Гелий действительно был под рукой и доступен для исследования. Идентификация прояснила многие неясности в химии хромосферы. Несколько ярких линий, постоянно видимых на краю солнца и, как ранее подозревал Янг, [596], которые исходят из того же источника, что и D\_3, теперь были получены из гелия в лаборатории; и все сложные излучения этого экзотического вещества разделились на шесть наборов или серий, члены которых взаимно связаны числовыми соотношениями определенного и простого вида. Плотность гелия более чем в два раза превышает плотность водорода, и он не имеет химического сродства. В почти мимолетных количествах он скрывается в земной коре и распространяется через атмосферу Земли.

Важность роли, которую играет в спектре протуберанцев фиолетовая линия кальция, была замечена профессором Янгом в 1872 году, но поскольку H и K лежат вблизи границы видимого спектра, для тщательного изучения их внешнего вида потребовалась фотография. С помощью его ресурсов профессор Джордж Э. Хейл, находившийся тогда в начале своей карьеры, обнаружил в 1889 году их неизменное и заметное присутствие. [597] Вещество, испускающее их, не только составляет фундаментальный компонент хромосферы, но и поднимается в фантастических струях, исходящих оттуда, на большую высоту, чем сам водород. Выделение H и K в солнечных протуберанцах из

любых других линий, обычно характерных для кальция, было экспериментально доказано сэром Уильямом и леди Хаггинс в 1897 году из-за чрезвычайной разреженности выделяемого пара.  
[598]

Таким образом, водород, гелий и кальций образуют основные и неизменные материалы солнечной сьерры и ее вершин; но ряд металлических элементов появляются скачкообразно под влиянием возмущений в нижележащих слоях. В сентябре 1871 года Янг[599] составил в Дартмутском колледже список из 103 строк, свидетельствующих о введении в хромосферу железа, титана, хрома, магния и многих других веществ. Во время двухмесячных наблюдений в чистом воздухе горы Шерман (высота 8 335 футов) летом 1872 года количество этих контрольных линий увеличилось до 273;[600] и он считает, что их количество все еще может быть удвоено при постоянном наблюдении. Действительно, и Янг, и Локьер не раз видели, как все поле спектроסקопа на мгновение заливалось яркими лучами, как будто "обращающийся слой" внезапно выталкивался вверх, в хромосферу, и так же быстро опускался обратно. Таким образом, представляется обоснованным мнение, что они образуют одну непрерывную область, нижние части которой обычно заняты наиболее тяжелыми парами, но где упорядоченное расположение постоянно нарушается сильными извержениями вулкана.

Изучение *форм* протуберанцев практически началось с наблюдения Хаггинсом одного из них через "открытую щель" 13 февраля 1869 года.[601] Сначала считалось возможным исследовать их только в разрезах, то есть путем пропускания простых узких полосок или "линий" различных видов света; в то время как фактическая форма объектов, излучающих эти линии, была получена с помощью таких несовершенных устройств, как создание на щели спектроסקопа вибрационного момента, достаточно быстрого, чтобы глаз мог сохранить впечатление. одной части, в то время как другие были последовательно представлены ему. Было огромным достижением обнаружить, что их лучи обладали силой выдерживать такое разбавление обычным светом, какое требовалось для открытия спектроскопического затвора достаточно широко, чтобы показать древовидные, или рогообразные, или огнеобразные тела, поднимающиеся над краем солнца в их неразделенных пропорциях. В спектроскопе формируется несколько их разноцветных изображений; каждое из них можно увидеть в малиновом, желтом, зеленом и темно-синем цвете. Однако малиновый цвет (образующийся из С-образной линии водорода)

является наиболее интенсивным и обычно используется в целях наблюдения и иллюстрации.

Фридрих Зеллнер на несколько дней опередил Хаггинса в описании метода открытых щелей, но был несколько менее оперативен в его применении. Его первое наблюдение полного выступа, изображенного в щели его спектроскопа, а не просто пересекаемого ею, было получено 1 июля 1869 года.<sup>[602]</sup> Вскоре после этого план был успешно принят всей группой исследователей.

Очень скоро было замечено различие в характере, разделяющее эти объекты на два четко выраженных класса. Его естественный и очевидный характер был продемонстрирован тем, что он поразил нескольких наблюдателей независимо. Различие между "облачными протуберанцами" и "огненными протуберанцами" было объявлено Локьером 27 апреля; Зеллнером 2 июня; и Респиги 4 декабря 1870 г.

Первое описание - спокойные и относительно постоянные, иногда длящиеся без заметных изменений в течение многих дней. Некоторые из включенных видов имитируют земной облачный пейзаж - то кажущийся перистым облаком, пронизанным красным сиянием заката, то похожим на огромные массы кучево-слоистых облаков, тяжело нависающих над горизонтом. Солнечные облака, однако, обладают особенностью иметь *стебли*. Обычно можно увидеть тонкие колонны, соединяющие поверхность хромосферы с ее отдаленными участками. Отсюда фантастическое сходство с лесным пейзажем, представленным длинными рядами огненных стволов и листвы, которая иногда, кажется, окаймляет солнечную ветвь. Но хотя такой способ строения предполагает фактическое излияние раскаленного материала, некоторые факты требуют иной интерпретации. Секки и Янг считали, что на расстоянии и совершенно отдельно от хромосферы протуберанцы *формируются* подобно тому, как образуются облака в ясном небе, когда конденсация сменяется воспламенением. Затем нити были выброшены вниз, в сторону хромосферы, и, наконец, был принят обычный вид "стержневого протуберанца". Еще более примечательным было наблюдение, сделанное Трувело в обсерватории Гарвардского колледжа 26 июня 1874 года.<sup>[603]</sup> Гигантский протуберанец в форме запятой высотой 82 000 миль исчез у него перед глазами из-за исчезновения света, столь же внезапного, как вспышка молнии. Один и тот же наблюдатель часто был свидетелем постепенного освещения или постепенного исчезновения таких объектов,

свидетельствующих об изменениях в тепловом или электрическом состоянии вещества уже *на месте*.

Первая фотография протуберанца, показанная спектроскопом при дневном свете, была сделана профессором Янгом в 1870 году.

[604] Но ни его метод, ни метод, описанный доктором Брауном в 1872 году, [605] не имели практического успеха. Это было сделано для того, чтобы вознаградить профессора Хейла за усилия, направленные на достижение той же цели. Начатые в Гарвардском колледже в 1889 году, [606] вскоре после этого они были привлечены к ответственности в Кенвудской обсерватории, Чикаго. Большая трудность заключалась в том, чтобы отделить цветное изображение газовой структуры, спектроскопически видимой на краю солнца, от окружающего яркого света, очень малая часть которого приводит к *запотеванию* чувствительных пластин. Чтобы нейтрализовать его вредное воздействие, вторая щель, [607] помимо обычной узкой щели перед коллиматором, была расположена как бы за диспергирующим устройством, чтобы пропускать от чувствительной поверхности весь свет, кроме света требуемого качества. Затем изображению солнца позволили перемещаться по внешней щели, в то время как держатель пластины продолжал двигаться с той же скоростью, и последовательные срезы, быстро полученные таким образом, в конечном итоге "сформировали" полную картину выступа. Вскоре после этого был изобретен другой способ. [608] Н- и К-лучи кальция, как мы видели, всегда яркие в спектре протуберанцев. Кроме того, они тонкие и резкие, в то время как соответствующие линии поглощения в обычном солнечном спектре широкие и рассеянные. Следовательно, протуберанцы, сформированные спектроскопом из этих особых свойств фиолетового света, могут быть сфотографированы целиком и сразу по той простой причине, что они проецируются на естественно затемненный фон. Атмосферные блики устраняются за счет локального поглощения. Этот прекрасный метод был впервые реализован профессором Хейлом в июне 1891 года.

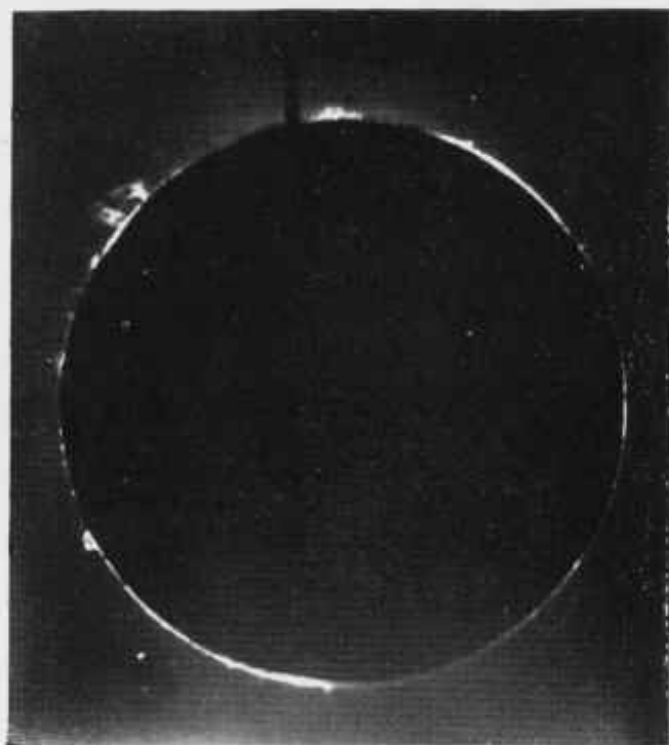
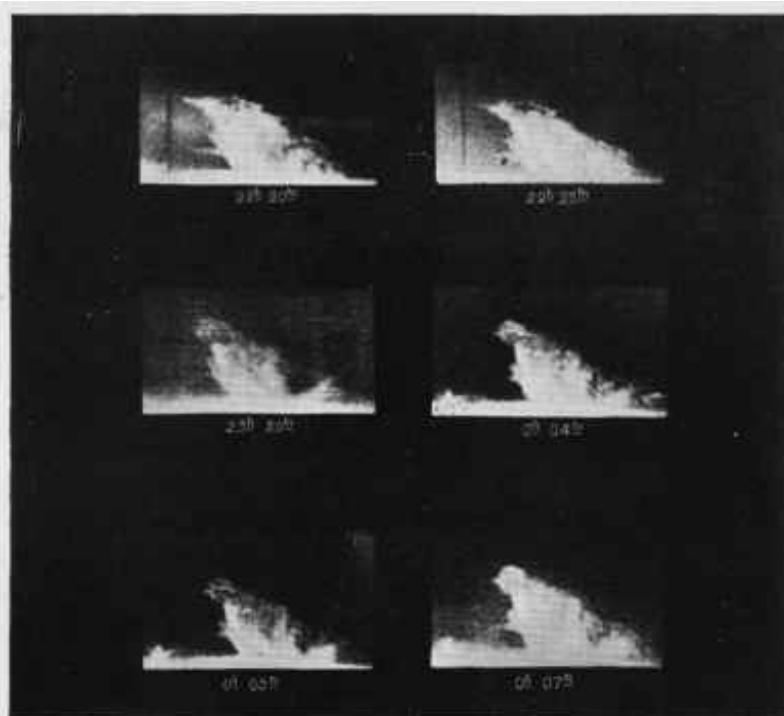
В марте 1891 года в Кенвуде был установлен "спектрогелиограф", состоящий из спектроскопического и фотографического аппаратов особого типа, прикрепленных к окуляру экваториальной диафрагмы диаметром двенадцать дюймов; и с его помощью профессор Хейл приступил к оригинальным исследованиям, многообещающим для развития физики Солнца. Прежде всего, заслуживает внимания его достижение в фотографировании как протуберанцев, так и факул на самом лице солнца. Последнее до тех пор наблюдалось очень несовершенно. На самом деле они

были видны только тогда, когда их яркость выделялась на фоне темного края солнечного диска. Однако удобное излучение кальциевого света позволяет фотографировать их в любых положениях и подчеркивает их тесную связь с протуберанцами. Более того, одновременное изображение всего хромосферного кольца с любыми деревьями или фонтанами огня, которые могут быть в данный момент исходящими из него, было достигнуто с помощью очень простого устройства. Поскольку сам диск солнца экранирован круглой металлической диафрагмой, необходимо только, чтобы щель пересекала фактически находящееся в затмении светило, чтобы получить представление о всей окружности его окаймляющих придатков. И запись может быть перенесена на диск, если убрать экран и перенести прорезь обратно с более быстрой скоростью, когда "изображение поверхности Солнца с факулами и пятнами формируется на пластинке точно в пределах изображения хромосферы, сформированного во время первой экспозиции". Вся операция, - продолжает профессор Хейл, - завершается менее чем за минуту, и полученные фотографии дают первые достоверные изображения солнца, показывающие все различные явления на его поверхности".[609] Большинство этих новых исследований по замечательному совпадению независимо и одновременно проводил М. Деландр из Парижской обсерватории.[610]

Впервые ультрафиолетовый спектр протуберанцев был сфотографирован с незажженного солнца в июне 1891 года в Чикаго. Помимо H и K, на пластинке отпечатались четыре элемента серии водородных линий Хаггинса.[611] Тем временем месяце Деландре получил возможность, установив кварцевые линзы на свой спектроскоп и заменив отражающий телескоп преломляющим, избавиться от мешающего действия стекла на более короткие световые волны и, таким образом, расширить сферу своих исследований особенностей тех, что получены от протуберанцев.[612] В результате были сфотографированы не только все девять линий белых звезд от яркого солнечного пламени, но было обнаружено еще пять линий, продолжающих серию вверх. Длины волн этих последних, более того, были заранее рассчитаны с исключительной точностью по простой формуле, известной как "Закон Бальмера".[613] Новые линии, соответственно, заполнили места, уже подготовленные для них, и, таким образом, были безошибочно связаны со спектром водорода. Теперь известно, что это представлено в виде двадцати семи строк,[614] образуя своего рода гармоническую прогрессию, только



ТАБЛИЧКА I.



Фотографии Солнечной хромосферы и протуберанцев. Снимок сделан с помощью спектрогелиографа Кенвудской обсерватории в Чикаго профессором Джорджем Э. Хейлом.

четыре из которых заметно затемнены во фраунгоферовском спектре солнца.

Химический состав "облачных протуберанцев" прост. Водород, гелий и кальций являются их основными составляющими. С другой стороны, "протуберанцы пламени" демонстрируют, кроме того, характерные лучи ряда металлов, среди которых бросаются в глаза железо, титан, барий, стронций, натрия и магний. Они чрезвычайно яркие; резко очерченные в своих разнообразных формах струй, шипов, фонтанов, смерчей; быстро формирующиеся и быстро растворяющиеся, редко достигающие огромных размеров более спокойного вида. Изверженные или взрывоопасные по происхождению, они возникают в тесной связи с пятнами; будь то причинно, материалы, выбрасываемые в виде "пламени", остывают и оседают в виде темных, вдавленных участков повышенного поглощения;[\[615\]](#) или, следовательно, как реактивный эффект падения затвердевших веществ с больших высот в атмосфере Солнца.[\[616\]](#) Во всяком случае, два класса явлений находятся в теснейшей взаимосвязи; они подчиняются одному и тому же закону периодичности и ограничены одними и теми же участками поверхности Солнца, в то время как неподвижные протуберанцы можно обнаружить вплоть до полюсов и близко к экватору.

Общее распределение выступов, включая оба рода, гораздо точнее соответствует распределению факул, чем пятен. Из наблюдений отца Секки и профессора Респиги в 1869-71 годах были получены первые четкие идеи по этому вопросу, которые были дополнены и изменены более поздними исследованиями профессоров Таккини и Рикко в Риме и Палермо. Результаты несколько сложны, но в общих чертах их можно сформулировать следующим образом. Область наибольшей частоты появления охватывает и перекрывает на несколько степеней область наибольшей частоты появления пятна. Иными словами, она простирается примерно на  $40^\circ$  к северу и югу от экватора.[\[617\]](#) Наблюдается видимая тенденция ко второй паре максимумов ближе к полюсам. Сами полюса, так же как и экватор, являются регионами минимальной встречаемости. Распределение во времени определяется циклом появления пятен, но максимум для протуберанцев длится дольше, чем для пятен.

Структура хромосферы была исследована в 1869 году и последующие годы профессором Респиги, директором Капитолийской обсерватории, а также Шпорером и Бредихиным из Московской обсерватории. Они обнаружили, что эта предполагаемая солнечная оболочка имеет ту же эруптивную природу, что и огромные выступы из нее, и состоит из скоплений мельчайших огоньков[618], расположенных близко друг к другу, как травинки. "Вид, - пишет профессор Янг,[619], - который, вероятно, указывает на факт, выглядит так, как будто бесчисленные струи нагретого газа выходят через отверстия и спирали по всей поверхности, таким образом окутывая ее пламенем, которое вздымается и мечется, как пламя пожара".

Вершины этих огненных нитей обычно наклонены, как будто над ними проносится ветер, когда активность солнца близка к своему пику, но стоят прямо во время его фазы покоя. Шпорер в 1871 году сделал вывод о влиянии постоянных полярных течений,[620] но Таккини показал в 1876 году, что отклонения, на которых основывался этот вывод, перестали быть видимыми по мере приближения точечного минимума.[621]

Еще одна особенность хромосферы, указывающая на удаленность ее характера от характера истинной атмосферы,[622] - неравномерность ее распределения по поверхности Солнца. Нет никаких признаков его выпуклости на экваторе, как того требовали бы законы равновесия жидкости во вращающейся массе; но есть некоторые свидетельства того, что колебания его глубины связаны с фазами солнечного возбуждения. Во времена минимума он, по-видимому, накапливает и концентрирует свою активность на полюсах; в то время как максимумы, вероятно, обеспечивают более равномерное общее распределение с локальными понижениями у основания крупных выступов и над пятнами.

В 1897 году профессор Хейл обнаружил в хромосфере низколежащий слой паров углерода с помощью спектроскопа с решеткой, прикрепленного к 40-дюймовому рефрактору Йеркса. [623] Фотографии затмения 1893 года выявили при исследовании Хартли присутствие на них галлия;[624] и снимки, сделанные Эвершед в 1898 году, были обнаружены ЧЕРНИЛА Jewell[625] должны быть заполнены ультрафиолетовыми линиями столь же редкого металла скандия. Сэр Норман Локьер установил общее правило, согласно которому металлическое излучение хромосферы - это излучение, "усиленное" электрической искрой. [626] Следовательно, сравнительное изучение условий,

преобладающих в дуге и искре, приобрело большое значение в физике Солнца.

Реальность появления сильного возмущения, вызванного "пылающим" выступом, может быть проверена весьма примечательным образом. Кристиан Доплер,<sup>[627]</sup> профессор математики в Праге, провозгласил в 1842 году теорию о том, что цвет светящегося тела, подобно высоте звучащего тела, должен изменяться движениями приближения или спада. Причина в следующем. И цвет, и высота звука являются физиологическими эффектами, зависящими не от абсолютной длины волны, а от количества волн, попадающих в глаз или ухо за данный промежуток времени. И это число, как легко видеть, должно быть увеличено, если источник света или звука сокращает свое расстояние, и уменьшено, если он сам уменьшает его. В одном случае вибрирующее тело *преследует* исходящие от него волны и собирает их воедино; в другом случае оно *отступает* от них и таким образом удлинняет пространство, покрытое таким же количеством волн. Принцип можно проиллюстрировать таким образом. Предположим, что выстрелы производятся по мишени с фиксированными интервалами времени. Если стрелок продвигается вперед, скажем, на двадцать шагов между каждым выстрелом из своего ружья, очевидно, что пули будут попадать в цель быстрее, чем если бы он стоял неподвижно; если, наоборот, он отступит на то же расстояние, они будут попадать с соответственно большими интервалами. Результат, конечно, будет одинаковым независимо от того, находится ли цель или стрелок в движении.

Пока Доплер был совершенно прав. Что касается звука, то любой может убедить себя, что предсказанный им эффект реален, прислушиваясь к попеременному пронзительному и затихающему паровому гудку, когда экспресс проносится через станцию. Но, применяя этот принцип к цветам звезд, он сильно ошибся, поскольку упустил из виду двойной диапазон невидимых вибраций, которые участвуют в изменениях преломляемости видимых лучей и в точности компенсируют их для глаза. Таким образом, нет никакой возможности найти критерий скорости в оттенке тел, излучающих непрерывный свет, таких как солнце и звезды. Весь спектр слегка смещен вверх или вниз по шкале преломляемости; некоторые лучи, видимые в норме, повышаются или понижаются (в зависимости от обстоятельств) до невидимости, а некоторые другие лучи на противоположном конце подвергаются обратному процессу; но общая сумма впечатлений на сетчатке остается неизменной.

Однако мы не лишены средств измерения этой тонкоощущаемой передачи светового спектра. И снова на помощь пришли замечательные линии Фраунгофера. Более ранние физики называли их "неподвижными линиями"; но именно потому, что они не фиксированы, в данном случае мы находим их полезными. Они разделяют, а делясь, предают, общий сдвиг спектра. Этот аспект принципа Доплера был рассмотрен Физо в 1848 году,[628] и первые ощутимые результаты в оценке движений сближения и удаления между землей и звездами были сообщены сэром Уильямом Хаггинсом Королевскому обществу 23 апреля 1868 года. Восемнадцать месяцев спустя Зеллнер изобрел свой "реверсивный спектроскоп"[629] для удвоения измеримых эффектов смещений линий; с помощью этого остроумного прибора и по предложению его изобретателя профессора Х. К. Фогеля это удалось в Боткампе 9 июня 1871 г.,[630] в обнаружении эффектов такого рода из-за вращения Солнца. Это приложение представляет собой одновременно испытание и триумф метода.[631]

Восточный край солнца постоянно движется к нам с экваториальной скоростью около мили с четвертью в секунду, западный край удаляется с той же скоростью. Смещения — в сторону фиолетового на востоке, в сторону красного на западе - соответствующие этой скорости, очень малы; настолько малы, что кажется маловероятным, что они должны были быть доступны восприятию. Они составляют лишь 1/150 часть интервала между двумя составляющими D-линии натрия; а саму D-линию натрия можно разделить на пару только с помощью мощного спектроскопа. Тем не менее, профессор Янг[632] смог в 1876 году вполне удовлетворительно показать не только отклонения солнечных линий от их надлежащего положения, указывающие на скорость вращения (1,42 мили в секунду), немного превышающую ту, которая дается наблюдениями пятен, но и исключение земных линий (тех, которые образуются в результате поглощения в атмосфере Земли) от общего толчка вверх или вниз. Вскоре после этого профессор Лэнгли, тогдашний директор обсерватории Аллегейни, разработав средство для сравнения с большой точностью света от различных частей солнечного диска, обнаружил, что, хотя неясные лучи в двух совмещенных спектрах, полученных от полюсов солнца, были абсолютно непрерывными, как только инструмент поворачивался на 90 °, чтобы подавать свет с противоположных концов экватора, те же самые лучи становились заметно "зазубренными". Земные линии, между тем, оставались незатронутыми, так что этот процесс был "виртуально нанесен на карту".[633] Этот быстрый и безошибочный способ

различия был с совершенной легкостью использован Корню во время его исследования атмосферного поглощения вблизи Луаре в августе и сентябре 1883 года.[634]

Прекрасный эксперимент такого же рода был проведен М. Толлоном из обсерватории М. Бишоффсхайма в Ницце летом 1880 года.[635] Он сосредоточил свое внимание на одной четко очерченной группе из четырех линий оранжевого цвета, внутренняя пара которых - солнечная (железная), а внешняя земная. В центре солнца промежутки, разделяющие их, были ощутимо равны; но когда свет отбирался попеременно с правой и левой сторон, становился очевидным относительный сдвиг в попеременных направлениях солнечного излучения к неподвижным теллурическим лучам и от них. Параллельное наблюдение было сделано в Дунехте 14 декабря 1883 г., когда было замечено, что сильная железная линия в желтой части солнечного спектра постоянно двойная на восточной стороне солнца, но одиночная на его западной;[636] противоположные движения-смещения, вызывающие этот любопытный эффект совпадения с соседней стационарной линией образования нашей собственной атмосферы и отделения от нее, согласно поскольку спектр определяется отступающим или наступающим краем солнечного шара. Столь точные и авторитетные утверждения о фактах свидетельствуют о том, что результаты такого рода заслуживают доверия; и они уже занимают важное место среди астрономических данных.

Тонкий метод, которому они служили для подтверждения достоверности, был использован в 1887-9 годах М. Дюнером для проверки и расширения выводов Кэррингтона и Шперера относительно аномальной природы осевого движения солнца. [637] Его наблюдения для этой цели, сделанные с помощью тонкого дифракционного спектроскопа, только что установленного в обсерватории Упсалы, были опубликованы в 1891 году.[638] Их результатом было подтверждение и расширение закона замедления с увеличением широты, полученного из поступательных движений пятен. Определения, сделанные в пределах  $15^\circ$  от полюса, следовательно, далеко за пределами области пятен, дали период вращения  $38\text{--}1\frac{1}{2}$ , в то время как для экваториального пояса он составлял  $25\text{--}1\frac{1}{2}$  суток. Пятна вблизи экватора действительно совершают свой кругооборот за период, более короткий, по крайней мере, на полдня; и было обнаружено, что соответствующие различия существуют и в других местах на соответствующих широтах; но следует помнить, что наблюдения Дюнера применимы к отдельной части сложной солнечной

системы, расположенной на возмущенной поверхности фотосферы. Вполне возможно, что поглощающие слои, образующие линии Фраунгофера, значительные из-за их различных смещений на обоих концах из-за предполагаемых различных скоростей вращения, могут вращаться медленнее, чем уровень, генерирующий пятна. Более того, факулы, по-видимому, движутся быстрее, чем любой из них;[639] таким образом, мы имеем для трех солнечных образований три разных периода среднего вращения, самый короткий из которых принадлежит факулам, один средней продолжительности - пятнам, а самый длительный - обращающемуся слою. Все, однако, сходятся в том, что они постепенно удлиняются от экватора к полюсам. Профессор Холден метко сравнил солнце с "огромным водоворотом, где скорости вращения зависят не только от положения вращающихся масс на широте, но и от глубины под внешней поверхностью".[640]

Сэр Норман Локьер[641] быстро осознал применимость удивительного открытия смещения линий за счет сквозного движения к изучению протуберанцев, прерывистый свет которых дает точно такие же средства обнаружения движения без кажущейся смены места, как и линии поглощения в непрерывном спектре. Действительно, его наблюдения на краю солнца почти вынудили прибегнуть к объяснению, появившемуся как раз тогда, когда в нем начала ощущаться необходимость. Он увидел яркие линии, не просто отодвинутые от своих обычных мест на едва заметную величину, но изогнутые, разорванные, сломанные, словно под воздействием какого-то чудовищного насилия. Эти замечательные явления были довольно просто интерпретированы как эффекты движений, различающихся по количеству и направлению в различных частях обширной массы раскаленных паров, попадающих в одно поле зрения. Очень часто они носят циклонический характер. Противоположные искажения лучей того же цвета выдают ярость "встречных ветров", несущихся со скоростью 120 миль в секунду; в то время как их нетронутые участки доказывают постоянство "сердца мира" посреди этого невообразимого огненного вихря. Скорости до 250 миль в секунду, или в 15 000 раз превышающие скорость экспресса на максимальной скорости, были, таким образом, замечены Янгом во время его поездки на гору Шерман 2 августа 1872 года; и они были фактически удвоены в результате необычайной вспышки, наблюдаемой отцом Жюлем Фени 17 июня 1891 года в обсерватории Хейнальда в Венгрии, а также месье Трувело в Медоне.[642]

Обнаруживаемые таким образом движения вблизи лимба, конечно, горизонтальны по отношению к поверхности солнца; представленные ими аналогии можно было бы, соответственно, назвать *метеорологическими* а не *вулканическими*. Но можно показать и существование вертикальных перемещений в не менее грандиозных масштабах. Наблюдения за спектрами пятен, расположенных в центре (где движение в линии видимости вертикальное), показывают развитие сильных подъемов и спадов воспламененных газов, по большей части в полутени или отдаленных районах. Они, по-видимому, вызваны прерывистыми нерегулярными возмущениями и не обладают ни одним из систематических качеств, которые потребовались бы для объяснения теорий солнечных пятен. Действительно, они почти наверняка происходят на большой высоте над настоящими отверстиями в фотосфере.

Что касается вертикальных движений над конечностью, то, с другой стороны, у нас есть прямые визуальные свидетельства поистине удивительного рода. Проецируемое светящееся вещество было замечено с помощью спектроскопа во время его подъема. 7 сентября 1871 года в полдень Янг исследовал огромное водородное облако длиной 100 000 миль, насколько это было видно глазу, и высотой 54 000 миль. Он спокойно парил над хромосферой на высоте около 15 000 миль и был соединен с ней тремя или четырьмя вертикальными колоннами, представляя собой нередкий вид, который Локьер сравнил с баньяновой рощей. Отозванный на несколько минут в 12.30, вернувшись в 12.55, наблюдатель обнаружил—

"Что тем временем все здание было буквально разнесено в клочья каким-то непостижимым толчком снизу. Вместо тихого облака, которое я оставил, воздух, если можно так выразиться, был наполнен летающими обломками — массой отдельных вертикальных нитей веретенообразной формы, каждая от 10' до 30' длиной и 2' или 3' шириной, [643] ярче и ближе друг к другу там, где раньше стояли столбы, и быстро поднимающихся. Они поднялись со скоростью, оцениваемой в 166 миль в секунду, на высоту полных 200 000 миль над поверхностью Солнца, затем постепенно исчезли, подобно растворяющемуся облаку, и в 1.15 осталось только несколько тонких полосок с несколькими более яркими полосами низко над фотосферой, отмечающими это место". [644]

Согласно ГИПЕРССЫЛКЕ Проктора V

"[Xe8a8f3faf6f5978d350daebfc03a91726c61fd5](#)" Для объяснения



этого экстраординарного явления, на которое земля немедленно отреагировала магнитным возмущением и прекрасным полярным сиянием, требовалась скорость проецирования **500 миль в секунду**. Это ни в коем случае не оказалось единичным случаем. Янг увидел, как его основные черты повторились 7 октября 1881 г.,<sup>[646]</sup> на этот раз взорвавшийся протуберанец достиг высоты 350 000 миль — наивысшей из всех, зафиксированных в хрониках. Более того, Локьер видел выступ высотой 40 000 миль, разрушенный за десять минут; в то время как Респиги был свидетелем всплесков, начальная скорость которых, по его оценке, составляла 400 или 500 миль в секунду. Если вспомнить, что тело, стартующее с поверхности Солнца со скоростью 383 мили в секунду, если бы оно не встречало сопротивления, навсегда вышло бы из-под его контроля, становится очевидным, что в огромных силах извержения или отталкивания, проявляющихся в только что описанных выбросах, мы имеем возможность объяснить огромное распространение вещества в окрестностях Солнца. Также невозможно объяснить их, как это пытались сделать Корну,<sup>[647]</sup> Фэй,<sup>[648]</sup> и другие, заменяя стремительный рост движущейся материи прогрессивным освещением посредством электрических разрядов, химических процессов,<sup>[649]</sup> или даже путем простого повторного нагрева газов, охлажденных в результате расширения.<sup>[650]</sup> Все говорит против такого уклонения от трудностей, связанных со скоростями, заклеяемыми как "невероятные", но которые, есть веские основания полагать, действительно существуют.

12 декабря 1878 года сэр Норман Локьер официально изложил перед Королевским обществом свою гипотезу о сложной природе "химических элементов".<sup>[651]</sup> Гипотеза, это правда, снова и снова выдвигаемая с чисто земной точки зрения. Что было новым, так это внеземные свидетельства, приведенные в его поддержку; и даже это было в общих чертах и умозрительно предвосхищено профессором Ф. В. Кларком из Вашингтона.<sup>[652]</sup> К своему выводу Локьера привели несколько сходящихся направлений исследований. В письме к М. Дюма, датированном 3 декабря 1873 года, он в общих чертах описал последовательные стадии "небесной диссоциации", которые, по его замыслу, должны были быть представлены в солнце и звездах. Отсутствие в солнечном спектре металлоидного поглощения он объяснил разделением в раскаленной солнечной печи таких веществ, как кислород, азот, сера и хлор, на более простые составляющие, обладающие неизвестными спектрами; в то время как металлы в то время еще допускались способными существовать там в целостном состоянии. Три года спустя он изменил свою позицию. В

результате сравнительного изучения фраунгоферовского и электродугового спектров кальция он объявил, что "молекулярная группировка" этого металла, которая при низких температурах дает спектр с главной линией синего цвета, на солнце почти распадается на другой или другие с линиями фиолетового цвета. [653] Он стал рассматривать этот случай как "поистине типичный". [654]

В течение четырех лет (1875-78 включительно) этот прилежный наблюдатель был занят составлением карты участка более преломляемой части солнечного спектра (длины волн 3800-4000) в таком масштабе магнитуд, что, если довести ее до инфракрасного диапазона, ее длина составила бы около *половины фарлонга*. Сопутствующее кропотливое исследование спектров металлов с помощью фотографии, по-видимому, указывало на существование того, что он называл "основными линиями". Они устойчиво сохранялись в спектрах двух или более металлов после того, как были устранены все возможные "примеси", и поэтому считались свидетельством присутствия общего субстрата вещества в более простом агрегатном состоянии, чем любое другое, с которым мы обычно знакомы.

Более поздние исследования показали, однако, что между спектральными линиями различных веществ, вероятно, *нет абсолютно* тных совпадений. "Базовые" линии на самом деле состоят из дублетов или триплетов, объединенных вместе недостаточной дисперсией. Из первоначального списка Талена из семидесяти лучей, общих для нескольких спектров, [655] очень немногие устояли перед мощными спектроскопами Толлона и Янга; и процесс разрешения был завершен Роуландом. Таким образом, аргумент от общности линий к общности вещества фактически рухнул. Его заменил аргумент, основанный на определенных периодических изменениях спектров солнечных пятен. Они возникли в результате серии наблюдений, начатых в Южном Кенсингтоне под руководством сэра Нормана Локьера в 1879 году и продолжавшихся в течение пятнадцати лет. [656]

Принцип используемого метода таков. При исследовании света от пятна с помощью спектроскопа виден весь диапазон линий Фраунгофера, но относительно немногие из них расширены. Теперь только эти расширенные линии составляют (предположительно) истинный точечный спектр; они, и только они, говорят о том, какие виды паров опускаются в странную темную яму ядра, а незатронутые линии берут свое обычное начало в лежащих над ними слоях нормальной солнечной атмосферы.

Таким образом, здесь мы имеем желаемый критерий — средства спектроскопического и химического различения полости и поглощающих слоев, нагроможденных над ней. Благодаря его постоянному использованию были выявлены некоторые заметные особенности, такие как незнакомый характер многочисленных линий в точечных спектрах, особенно в периоды возмущения; и странная индивидуальность в поведении каждого из этих затемненных и расширенных лучей. Кажется, что каждый из них действует сам по себе; он ведет себя так, как если бы был единственным представителем вещества, его излучающего; его внешний вид ничем не отличается от внешнего вида любого из его земных спутников в том же спектре.

Однако самым любопытным фактом, выявленным в результате этих исследований, было то, что химические перипетии сопровождали наступление периода солнечных пятен. По мере приближения к максимуму, неизвестные заменяли известные компоненты точечных спектров наиболее выраженным и безошибочным образом.[657] Казалось, что пары, испускающие линии железа, титана, никеля и т.д., перестали существовать как таковые, и их место заняли другие, совершенно незнакомые люди в земных лабораториях. Локьер считал их просто более мелкими составляющими своих предшественников, поскольку диссоциация была вызвана более высокой температурой, вызванной повышенной солнечной активностью. Но дополнительные исследования отца Корти в Стонихерсте[658] модифицировали, хотя в основном и подтвердили, результаты Южного Кенсингтона. Они показали, что замена неизвестных линий на известные характеризует нарушенные пятна на всех стадиях солнечного цикла, так что нельзя сказать, что систематический ход химических изменений влияет на солнце в целом. Они показали далее[659]— на основании доказательств, независимых от полученных Янгом в 1892 г.[660]— замечательная заметность в точечных спектрах линий ванадия чрезмерно слабый в спектре Фраунгофера. Таким образом, вероятно, можно объяснить "неизвестные линии" Локьера. Они представляют собой поглощение не новыми, а дефицитными элементами, особенно, по мнению отца Корти, элементами с атомным весом около 50. Обстоятельства их развития при солнечных колебаниях, в основном за исключением железа, не менее любопытны; но это не может быть объяснено каким-либо процессом диссоциации.

Однако эту теорию следует рассматривать еще в одном аспекте. Часто случается, что искажения или смещения, вызванные движением, затрагивают единственную линию, принадлежащую

определенному веществу, в то время как другие линии *того же вещества* остаются невозмутимыми. Теперь, как следует объяснить этот в высшей степени странный факт, который, на первый взгляд, подразумевает, что тело может находиться в покое и в движении в одно и то же мгновение? Согласно настоящей гипотезе, это объясняется достаточно легко, если предположить, что лучи, столь противоречивые в своих показаниях, *не* принадлежат к одному виду материи, а к нескольким, которые при обычных температурах объединяются, образуя тело, по виду "элементарное". Из этих различных паров один или несколько, конечно, могут быстро устремляться к наблюдателю или от него, в то время как другие остаются неподвижными; и поскольку линия обзора, проходящая через среднюю область протуберанца, проникает на краю солнца на глубину около 300 000 миль,<sup>[661]</sup> все раскаленные материалы, встречающиеся по отдельности вдоль этой линии, проецируются в единое "пламя" или "облако", "будет воспринято, что существует достаточно возможностей для разнообразия поведения.

Альтернативный способ избежать этого затруднения состоит в предположении, что движущийся пар становится светящимся при условиях, которые сокращают его спектр до нескольких лучей, причем незатронутые линии образуются из совершенно отдельной массы того же вещества, светящегося при его обычных излучениях.<sup>[662]</sup> Таким образом, кальций может стать практически монохроматическим за счет ослабления, и аналогичные случаи нередки.

Сэр Норман Локьер всего лишь просит нас поверить, что эффекты, которые следуют за определенными причинами на земле, переносятся на следующую ступень на солнце, где те же причины должны значительно усилиться. Мы обнаруживаем, что тела, которые мы называем "составными", распадаются на части при фиксированных температурах, *в пределах наших* возможностей. Почему мы должны колебаться, признавая, что тела, которые мы называем "простыми", делают то же самое при высоких температурах, *не* располагая нашими ресурсами? Термин "элемент" просто выражает земную неспособность к редукции. То, что в небесных лабораториях должны присутствовать отсутствующие здесь средства и их эффект, само по себе было бы выводом, вызывающим сомнение, и не выражающим недоверия.

Против этого действительно существуют теоретические

возражения, которые, хотя, вероятно, и не являются непреодолимыми, несомненно, серьезны. Наши семьдесят химических "элементов", например, в соответствии с законом удельной теплоты расположены отдельно от их известных соединений. Правда, это не вынуждает нас верить, что их атомы действительно и абсолютно таковы — содержат, то есть, "неснижаемый минимум" материальной субстанции; но мы определенно заключаем из этого, что они состоят по принципу, отличному от солей и оксидов, которые химики создают и уничтожают по своему усмотрению. Тогда размножение видов материи, которыми нам угрожают результаты Локьера, на первый взгляд поражает. Нам говорят, что они могут привести к окончательному объединению, но перспектива кажется отдаленной. Их единственным очевидным результатом является распад на несколько составляющих каждого земного "элемента". Компоненты одного только железа следует считать дюжиной. И есть другие металлы, такие как церий, которые, давая еще более сложный спектр, несомненно, были бы еще более широко разрешены. Сэр Норман Локьер интерпретирует наблюдаемые явления как указывающие на последовательные комбинации в различных пропорциях очень небольшого числа исходных ингредиентов;<sup>[663]</sup> но никаких определенных признаков их существования не заметно; "против", вероятно, долго будет ускользать от распознавания; и единственный понятный принцип, лежащий в основе используемых рассуждений — принцип "одна линия, один элемент" — подразумевает несчетное количество формирующих материальных единиц. .

Таким образом, дополнительная сложность заменяется тем фундаментальным единством материи, которое долгое время составляло мечту спекулянтов. И это чрезвычайно примечательно, что сэр Уильям Крукс, работая в совершенно ином направлении, пришел к аналогичным выводам. Возьмем только один пример. В результате чрезвычайно тонких операций просеивания и тестирования, проводившихся в течение многих лет, он обнаружил, что металлический иттрий распадается на пять, если не на восемь составляющих.<sup>[664]</sup> Очевидно, что старые представления обречены, и никакие предвзятые представления вряд ли займут их место. Напротив, казалось бы, как будто речь идет об их полной реконструкции. Подрывные факты неуклонно накапливаются; революционные идеи, вытекающие из них, имеют тенденцию, если мы их правильно интерпретируем, к замене химических теорий материи электрическими. По мнению физиков, диссоциация под действием грубой силы тепла уже почти вытеснена более тонким процессом

"ионизации". Что именно это подразумевает, мы не знаем; но симптомы его возникновения, вероятно, в корне отличаются от тех, которые были собраны сэром Норманом Локьером при сопоставлении небесных спектров.

А. Я. Ангстрем из Упсалы занимает второе место после Кирхгофа как, так сказать, второстепенный основатель солнечной спектроскопии. Его большая карта "нормального" солнечного спектра[665] была опубликована в 1868 году, за два года до его смерти. Роберт Тален был его помощником в ее исполнении, и огромный труд, которого это стоило, был с лихвой окуплен ее выдающейся и долговременной полезностью. Более двадцати лет он оставался универсальным эталоном во всех спектроскопических исследованиях в диапазоне *видимых* излучений. Те, которые невидимы из-за быстроты их колебаний, были нанесены на карту доктором Генри Дрейпером из Нью-Йорка в 1873 году и с превосходной точностью М. Корню в 1881 году. Инфракрасная часть спектра, исследованная Лэнгли, Эбни и Кнудом Ангстремом, возможно, не достигает определенного конца. Излучения колеблются слишком медленно, чтобы воздействовать на глаз, поскольку свет может переходить незаметными переходами в длинные электрические волны Герца.[666]

Фотографическая карта солнечного спектра профессора Роуланда, опубликованная в 1886 году и во втором расширенном издании в 1889 году, открыла новые возможности для его изучения, от нижнего красного диапазона до верхнего ультрафиолетового, а прилагаемая к ней шкала абсолютных длин волн[667] была, с незначительными изменениями, принята повсеместно. Его новая таблица стандартных солнечных линий была опубликована в 1893 году.[668] Действительно, благодаря его работе знания о солнечном спектре настолько превзошли знания о земных спектрах, что распознаванию их общих составляющих препятствовала невыносимая неопределенность. Тысячи солнечных линий, нанесенных на карту с мельчайшей точностью, остались неопознанными из-за отсутствия соответствующей точности в регистрации металлических линий. Однако сам Роулэнд взялся предложить решение проблемы. С помощью Льюиса Э. Джуэлла он переопределил в Университете Джона Хопкинса длины волн около 16 000 солнечных линий,[669] сфотографировав для сравнения с ними спектры всех известных химических элементов, за исключением галлия, образца которого он не смог раздобыть. Работа по сопоставлению была далеко продвинута, когда он умер в возрасте пятидесяти двух лет 16 апреля 1901 года. Исследования спектров металлической дуги

также были с большим успехом проведены Хассельбергом,[670] Кайзером и Рунге, О. Лозе,[671] и другими.

Другим *непременным условием* прогресса в этой области является отделение истинных солнечных линий от тех, которые образуются в результате поглощения в нашей собственной атмосфере. И здесь мало что еще предстоит сделать. Большой атлас Толлона[672] был разработан для этой цели различения. На каждой из его тридцати трех карт в четырех экземплярах представлено подразделение солнечного спектра при различных погодных условиях и зенитном расстоянии. Таким образом, теллурические эффекты становятся легко читаемыми, и на их долю приходится полностью 866, частично 246, из общего числа 3200 строк. Но смерть художника 8 апреля 1887 года, к сожалению, прервала наполовину завершенную работу последних семи лет его жизни. Наиболее удовлетворительный отчет, между тем, об избирательном воздействии атмосферы был предоставлен экспериментами и определениями Янссена, Корну и Егорова, рисунками доктора Беккера,[673] и фотографиями м-ра Маклина проанализированного света Солнца на больших, низких и средних высотах; и автографическими изображениями определенных ритмических групп, полученными м-ром Джорджем Хиггсом из Ливерпуля, в Janssen, Cornu and Egoroff. красный цвет, проявляющийся с удивительной силой ближе к закату, вызывает всеобщее и вполне заслуженное восхищение.[674] Однако главный интерес всех этих документов заключается в информации, предоставляемой ими относительно химического состава солнца.

Открытие о существовании водорода в атмосфере Солнца было сделано Ангстремом в 1862 году. Его список солнечных элементов опубликован в том же году,[675] результат исследования, отдельного от исследования Кирхгофа, хотя и проводился по тому же принципу, что и исследование Кирхгофа, включал вещество, которое, как мы теперь знаем, является преобладающим среди них. Доктор Плюкер из Бонна идентифицировал в 1859 году линию Фраунгофера F с зеленым лучом водорода, но не сделал никаких выводов из своего наблюдения. Это совпадение было подтверждено Ангстремом; были установлены еще два совпадения; и в 1866 году в солнечном спектре была обнаружена четвертая линия водорода в крайнем фиолетовом цвете (названная *h*). Вместе с Таленом он, кроме того, добавил марганец, титан и кобальт к компонентам солнца, перечисленным Кирхгофом, и увеличил количество идентичных лучей в солнечном и земном спектрах железа не менее чем до 460.[676]



Таким образом, когда сэр Норман Локьер занялся этим направлением исследований в 1872 году, четырнадцать веществ были признаны общими для земли и солнца. В начале 1878 года ему удалось временно увеличить список до тридцати трех,<sup>[677]</sup> все металлы, кроме водорода. Этот быстрый успех был достигнут благодаря тому, что он применил критерий *длины* вместо критерия *прочности* при сравнении линий. Другими словами, он измерял их относительную значимость скорее по их стойкости в широком диапазоне температур, чем по их блеску при какой-либо одной температуре. Различие было легко провести. Фотографии электрической дуги, в которой любой данный металл улетучился, показали, что некоторые из испускаемых ею лучей простирались поперек оси света на значительное расстояние с обеих сторон, в то время как многие другие более или менее плотно прилежали к ее центральному горячему ядру. Первые "длинные линии", считавшиеся безусловно репрезентативными, были теми, которые в первую очередь искали в солнечном спектре; в то время как сопутствующие "короткие линии", часто, по сути, из-за посторонних примесей, были отброшены как вводящие в заблуждение.<sup>[678]</sup> Критерий является ценным, и его применение в значительной степени помогло ускорить прогресс солнечной химии.

Углерод был первым неметаллическим элементом, обнаруженным на солнце. Господа. Тробриндж и Хатчинс из Гарвардского колледжа пришли к выводу в 1887 году,<sup>[679]</sup> на основании определенных спектральных совпадений, что это протеиновое вещество испаряется в атмосфере Солнца при температуре, приблизительно равной температуре вольтовой дуги. Частичные доказательства на тот же счет ранее приводились Локьером, а также Ливингом и Дьюаром; и дело было сносно завершено благодаря фотографиям, сделанным Кайзером и Рунге в 1889 году.<sup>[680]</sup> Профессор Роулэнд показал, что перед ним невозможно устоять. Согласно его сравнениям, двести углеродных линий были выделены из солнечного света, и они содержат другие, свидетельствующие о присутствии кремния — родственного вещества, столь же важного для образования горных пород на земле, как углерод для поддержания жизни. Общим результатом трудов Роуланда стало установление среди солнечных материалов не только этих двух из четырнадцати металлоидов, или неметаллических веществ, но и тридцати трех металлов, включая серебро и олово. Золото, ртуть, висмут, сурьма и мышьяк были исключены из каталога; платина и уран вместе с шестью другими металлами оставались сомнительными; в то время как железо было зарегистрировано как заполняющее



спектр более чем двумя тысячами неясных лучей.[681]  
Поглощение галлия было обнаружено в нем Хартли и Рэймиджем в 1889 году.[682]

Доктор Генри Дрейпер[683] объявил в 1877 году о своем воображаемом открытии в солнечном спектре восемнадцати особенно ярких участков, соответствующих выбросам кислорода. Но это согласие оказалось совершенно иллюзорным, когда его подвергли испытанию с очень высокой дисперсией.[684] Также пока не было обнаружено возможности идентифицировать при анализе солнечного света какие-либо значительные *яркие* лучи.  
[685]

"Книгу солнечной химии" следует читать исключительно впитывающим образом. Тем не менее, вряд ли там будет написана вся правда. Тот факт, что вещество не проявляет ни одного из своих характерных лучей в спектре солнца или звезды, едва ли дает основание предполагать его присутствие. Ибо он может быть расположен ниже уровня, на котором происходит поглощение, или под таким давлением, что линии стираются за счет расширения и ослабления их; он может иметь настолько высокую температуру, что излучает больше света, чем поглощает, и все же его накал может быть замаскирован поглощением других тел; наконец, он может просто уравнивать поглощение излучением, в результате чего достигается полная спектральная нейтральность. Поучительным примером является хромосферный элемент гелий. Отец Секки заметил в 1868 году[686], что в солнечном спектре нет темной линии, соответствующей его свету; и его наблюдение полностью подтвердилось.[687] Поглощение гелия, однако, иногда наблюдается в полутени пятен.[688]

Тогда наш земной жизненный элемент мог бы легко сохраниться до неузнаваемости на солнце. Внутренняя организация молекулы кислорода в значительной степени *пластична*. Он легко модифицируется под действием тепла, и эти модификации отражаются в его различных способах излучения света. Доктор Шустер перечислил в 1879 году[689] четыре различных спектра кислорода, соответствующих различным стадиям температуры или фазам электрического возбуждения; и пятый был добавлен открытием М. Егорова в 1883 году[690] что определенные хорошо известные группы темных линий в красном конце солнечного спектра (А и В Фраунгофера) обусловлены поглощением прохладным кислородом нашего воздуха. Они сохраняются при самых низких температурах и даже выдерживают изменение состояния. Они производятся, по сути, из жидкости так же, как и из

кислорода воздуха.[691]

Однако М. Янссену показалось возможным, что эти полосы имеют совместное солнечное и земное происхождение. Кислород в пригодном для их производства состоянии, по его мнению, мог бы существовать во внешней атмосфере Солнца; и он решил решить этот вопрос. Никто не мог применить в этом деле больше мастерства и опыта, чем он.[692] Наблюдениями на вершине Фаульхорна, а также прямым экспериментом он продемонстрировал почти тридцать лет назад ведущую роль водяного пара в формировании атмосферного спектра; и он прибегал к аналогичным средствам для оценки доли в нем кислорода. Электрический луч, переданный с Эйфелевой башни в Медон летом 1888 года, пройдя через массу кислорода, примерно равную массе скопления над поверхностью земли, показал группы А и В такими, какими они выглядят в спектре высокого солнца. [693] Следовательно, атмосферного воздействия достаточно для их образования. Но М. Янссен хотел дополнительно доказать, что они уменьшаются пропорционально их количеству. Его восхождение на Монблан[694] в 1890 году было предпринято с этим объектом. Это было совершенно успешно. В солнечном спектре, рассмотренном с этой высоты, поглощение кислорода было настолько ослаблено, что не оставляло никаких сомнений в его чисто теллурическом происхождении. Тем не менее, в другой форме он был обнаружен как несомненно солнечный. Тройка темных линий низко внизу в красном свете, сфотографированная с солнца Хиггсом и Макклином, была четко идентифицирована Рунге и Пашеном в 1896 году[695] с фундаментальной группой кислородного ряда, впервые замеченной Пиацци Смитом в спектре вакуумной трубки в 1883 году.[696] *Жизненная сила* нашей земли, таким образом, в некоторой степени эффективна в задержке проходящего солнечного света, и кислород должен быть классифицирован как солнечный элемент.

Солнечные лучи, помимо того, что избирательно задерживаются в нашей атмосфере, подвергаются также заметному общему поглощению. Это сказывается главным образом на самых коротких длинах волн; ультрафиолетовый спектр фактически закрыт, как будто между ними установлен непрозрачный экран. С высоты 10 000 футов экран также не кажется ощутимо менее непрозрачным. Спектральные фотографии доктора Симони, сделанные на вершине Тенерифа,[697] расширены, но немного дальше, чем снимки М. Корню, сделанные в долине Луары. Если бы завеса была снята, из ее диапазона можно было бы получить некоторые указания относительно исходной температуры

солнечного спектра, поскольку доля быстрых колебаний, испускаемых светящимся телом, растет с интенсивностью его накала. И это подводит нас к теме нашей следующей главы.

## СНОСКИ:

- [596] *Phil. Mag.*, vol. xlii., стр. 380, 1871.
- [597] *Astr. Нач.*, № 3053, *амер. Jour.*, vol. xlii., p. 162; Deslandres, *Comptes Rendus*, t. cxiii., p. 307.
- [598] *Процедура. Общество*, том lxi., стр. 433.
- [599] *Phil. Mag.*, vol. xlii., стр. 377.
- [600] Фрост-Шайнер, *Астр. Спектроскопия*, стр. 184, 423.
- [601] *Процедура. Соч.*, т. xvii., с. 302.
- [602] *Astr. Nach.*, No. 1,769.
- [603] *Журнал науки*, том xv., стр. 85.
- [604] *Журнал. Институт Франклина*, том xl., стр. 232a.
- [605] *Pogg. Annalen*, Bd. cxlvi., стр. 475; *Astr. Nach.*, No. 3,014.
- [606] *Astr. Nach.*, Nos. 3,006, 3,037.
- [607] Это устройство было предложено Янссеном в 1869 году.
- [608] *Астрофизика*, том xi., стр. 70, 407.
- [609] *Астрофизика*, том xi., стр. 604.
- [610] *Comptes Rendus*, т. cxiii., стр. 307.
- [611] *Астрофизика*, том xi., стр. 50.
- [612] *Там же.*, стр. 60, 314.
- [613] *Аннален дер Физик Видемана*, Bd. xxv., стр. 80.
- [614] Эвершед, *Знание*, том xxi., стр. 133.
- [615] Секки, *Le Soleil*, т. ii., стр. 294.
- [616] Локьер, *Химия солнца*, стр. 418.

- [617] *L'Astronomie*, август 1884 г., стр. 292 (Ричко); см. также Evershed, *Журнал. Британская астрономическая ассоциация.*, том ii., стр. 174.
- [618] В среднем около 100 миль в поперечнике и 300 в высоту. *Le Soleil*, t. ii., p. 35.
- [619] *Солнце*, стр. 192.
- [620] *Astr. Nach.*, No. 1,854.
- [621] *Mem. degli Spettroscopisti Italiani*, т. v., стр. 4; Secchi, *там же.*, т. vi., стр. 56.
- [622] Его неатмосферный характер был рано определен Проктором в *месяце. Нет.*, том. xxxi., стр. 196.
- [623] *Астроф. Журнал.*, том vi., стр. 412.
- [624] *Там же.*, том xi., стр. 165.
- [625] *Там же.*, стр. 243.
- [626] *Место Солнца в природе*, стр. 111, 288.
- [627] *Абх. д. Кен. Böhm Ges. d. Wiss.*, Bd. ii., 1841-42, p. 467.
- [628] В статье, прочитанной в Парижском филологическом обществе 23 декабря 1848 г. и впервые опубликованной *in extenso* в *Ann. de Chim. et de Phys.*, t. xix., p. 211 (1870). Ипполит Физо умер в сентябре 1896 года.
- [629] *Astr. Nach.*, No. 1,772.
- [630] *Там же.*, № 1,864.
- [631] А. Корню, *Метод Доплера-Физо*, стр. 23.
- [632] . *Журнал Sc.*, том xii., стр. 321.
- [633] *Там же.*, том xiv, стр. 140.
- [634] *Бычий текст. Астроном.*, февраль 1884 г., стр. 77.
- [635] *Comptes Rendus*, т. xci., стр. 368.
- [636] Месяц . *Нет.*, том. xliv., стр. 170.
- [637] См. *ante*, стр. 147.
- [638] *Исследования вращения Солнца*, Упсаль, 1891.

- [639] Харцер, *Астр. Нач.*, № 3,026; Стратонов, *Там же.*, № 3,344.
- [640] *Опубл. Astr. Тихоокеанский союз.*, том ii., стр. 193.
- [641] *Процесс. Общество*, тома. xvii, с. 415; xviii, с. 120.
- [642] *Comptes Rendus*, t. cxii., стр. 1421; t. cxiii., стр. 310.
- [643] На расстоянии от солнца одна угловая секунда составляет около 450 миль.
- [644] *Амер. Журнал научных исследований.*, том ii., стр. 468, 1871.
- [645] *Месяц. Нет.*, том. xxxii., стр. 51.
- [646] *Природа*, т. xxiii., стр. 281.
- [647] *Comptes Rendus*, т. lxxxvii., стр. 532.
- [648] *Там же.*, т. xcvi., стр. 359.
- [649] А. Брестер, *Теори дю Солей*, стр. 66.
- [650] Такие выступления, которые, как было замечено, увеличиваются в результате распространения накаливания, относятся к неподвижному виду и не создают обманчивого впечатления сильного движения.
- [651] *Процедура. Соч.*, том. xxviii., стр. 157.
- [652] "Эволюция и спектроскоп", *Поп. Ежемесячник науки*, январь 1873 г.
- [653] *Процедура. Соч.*, том. xxiv., стр. 353. Это Н и К протуберанцев. Х. В. Фогель обнаружил в 1879 году линию водорода, почти совпадающую с Н (*Monatsb. Пройсс. Ак.*, февраль 1879 г., стр. 118).
- [654] *Процедура. Соч.*, том. xxviii., стр. 444.
- [655] Многие из них были отнесены самим Локьером, который первым проанализировал материал, к следам соответствующих металлов.
- [656] *Химия Солнца*, стр. 312; *Протокол. Общество*, том. lvi., стр. 199.
- [657] "Химия солнца" Локьера, стр. 324.
- [658] *Месяц. Не.*, том ii, стр. 76.

[659] Там же., т. lviii., стр. 370.

[660] *Астрофизика*, том xi., стр. 615.

[661] Оценка Толлона (*Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 902) в 300 000 километров кажется значительно завышенной. Ограничивая "область средней заметности" оболочкой глубиной 54 000 миль (2° дуги, если смотреть с земли), визуальная линия на средней высоте (27 000 миль от поверхности Солнца) будет проходить (в круглых числах) через 320 000 миль этой области.

[662] Лайвинг и Дьюар, *Филологический журнал*, том xvi. (5-я серия), стр. 407.

[663] *Химия Солнца*, стр. 260.

[664] *Природа*, 14 октября 1886г.

[665] Нормальный спектр - это спектр, зависящий исключительно от длины волны — фундаментальной константы, данной природой в отношении света. Он получается путем интерференции лучей способом, впервые описанным Фраунгофером, и обеспечивает единственный неизменный стандарт для измерений. В спектре преломления (на котором была основана карта Кирхгофа) относительное положение линий меняется в зависимости от материала призм.

[666] Шайнер, *Спектральный анализ жестов*, стр. 168.

[667] *Phil. Mag.*, vol. xxvii., стр. 479.

[668] *Astr. и Астрофизика*, том xii., стр. 321; Фрост-Шайнер, *Astr. Спектр.*, стр. 363.

[669] Опубликовано в *Astrophys. Журнал.*, тома с первого по VI.

[670] *Астрофизика*, том xi., стр. 793.

[671] *Астроф. Журнал.*, том vi., стр. 95.

[672] *Анналы обсерватории Ниццы*, т. iii., 1890.

[673] *Пер. Королевское общество Эдинбурга*, том. xxxvi., стр. 99.

[674] Преподобный А. Л. Корти, *Астрофизика*, том xi., стр. 401. Образцы его фотографий были предоставлены Рэньярдом в *Знании*, том. xiii., стр. 212.

[675] *Ann. d. Phys.*.

[676] *Comptes Rendus*, т. lxxiii., стр. 647.

[677] Там же., т. lxxxvi., стр. 317. Около полудюжины из этих отождествлений оказались ошибочными.

[678] *Химия Солнца*, стр. 143.

[679] *Амер. Журнал науки*, том. xxxiv., стр. 348.

[680] *Берлинский Абхандлунген*, 1889.

[681] *Амер. Журнал науки*, том xli., стр. 243. См. Приложение, таблица II.

[682] *Астрофизия. Журнал.*, том ix., стр. 219; Фаулер, *Знание*, том. xxiii., стр. 11.

[683] *Амер. Журнал науки*, том xiv, стр. 89; *Природа*, том xvi, стр. 364; *Месяц. Не т.*, том. xxxix., стр. 440.

[684] *Месяц. Не т.*, том. xxxviii., стр. 473; Трoубридж и Хатчинс, *амер. Журнал науки*, том. xxxiv., стр. 263.

[685] Шайнер, *Спектральный анализ*, стр. 180.

[686] *Comptes Rendus*, т. lxxvii., стр. 1123.

[687] Преподобный А. Л. Корти, *месяц. Не.*, том ii, стр. 18.

[688] Янг, *Солнце*, стр. 135; Хейл, *Астрофизика*, том xi., стр. 312, *журнал. Брит. Astr. Ass.*, том ix., стр. 253.

[689] *Фил. Пер.*, том. clxx., стр. 46.

[690] *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 555; t. ci., стр. 1145.

[691] Лайвинг и Дьюар, *Астрофизика*, том xi., стр. 705.

[692] *Comptes Rendus*, т. lx., стр. 213; т. lxxiii., стр. 289.

[693] Там же., т. cviii., стр. 1035.

[694] Там же., т. cxii., стр. 431.

[695] *Астроф. Jour.*, vols. iv., p. 317; vi., p. 426.

[696] *Пер. Рой. Соч. Един.*, том. xxxii., стр. 452.

[697] *Comptes Rendus*, т. cxii., стр. 941; Хаггинс, *Прок. Рой. Соч.*, том. xlv., стр. 168.

## ТЕМПЕРАТУРА СОЛНЦА

Ньютон был первым, кто попытался измерить количество тепла, получаемого землей от солнца. Его целью при проведении эксперимента было установить температуру, с которой столкнулась комета 1680 года при прохождении через перигелий. Он обнаружил, что, умножив наблюдаемое нагревательное воздействие прямых солнечных лучей в соответствии со знакомым правилом "обратных квадратов расстояний", оно примерно в 2000 раз превышает нагревание раскаленного железа. [698]

Определения тепловой мощности солнца, сделанные с некоторой научной точностью, датируются, однако, 1837 годом. За несколько дней до начала того же года Гершель начал наблюдения на мысе Доброй Надежды с помощью "актинометра" и получил результаты, вполне удовлетворительно совпадающие с результатами, полученными Пуье в результате экспериментов, проведенных во Франции несколько месяцев спустя с помощью "пирхелиометра". [699] Пуье обнаружил, что вертикальные солнечные лучи, падающие на каждый квадратный сантиметр земной поверхности, способны (помимо атмосферного поглощения) повышать температуру 1·7633 граммов воды на один градус по Цельсию в минуту. Это число (1·7633) он назвал "солнечной постоянной"; а выбранная единица измерения тепла известна как "калория". Следовательно, было подсчитано, что общего количества солнечного тепла, получаемого в течение года, будет достаточно, чтобы растопить слой льда, покрывающий всю землю, на глубину  $30 \cdot 89$  метров, или 100 футов; в то время как излучаемое тепло будет растапливать на поверхности солнца слой толщиной  $11 \cdot 80$  метров каждую минуту. Тщательная серия наблюдений показала, что почти половина тепла, падающего на нашу атмосферу, прекращается при прохождении через нее.

Гершель получил несколько большие цифры, хотя и назвал только треть порчи воздуха. Взяв среднее значение между своим собственным и Пуье, он подсчитал, что обычного расхода солнечной энергии в минуту хватило бы, чтобы растопить ледяной цилиндр диаметром 184 фута, простирающийся от его поверхности до поверхности альфа Центавра; или, иными словами, что ледяной стержень диаметром  $45 \cdot 3$  мили, постоянно устремляющийся к солнцу со скоростью света, едва ли потребил бы при растворении запасы тепла, которые сейчас изливаются в



космос.[700] Почти наверняка эту оценку следует увеличить примерно на две трети, чтобы приблизить ее к истине.

На первый взгляд, нет ничего проще, чем перейти от знания солнечного излучения — строго измеримой величины — к знанию температуры солнца; она определяется как температура, до которой должна быть поднята поверхность, густо покрытая лампово-черным (то есть стандартной мощности излучения), чтобы она могла передавать нам с расстояния до солнца количество тепла, фактически полученного от солнца. Сэр Джон Гершель показал, что тепловые лучи на поверхности солнца должны быть в 92 000 раз плотнее, чем когда они достигают земли; но из этого никоим образом не следует, что либо поверхность, излучающая эти тепловые лучи, либо тело, поглощающее их, должно быть в 92 000 раз горячее тела, находящегося здесь под воздействием всей энергии солнца. Причина в том, что скорость излучения — следовательно, скорость поглощения, которая является его коррелятом, — увеличивается намного быстрее, чем температура. Другими словами, тело излучает или охлаждается в постоянно ускоряющемся темпе по мере того, как оно становится все более и более интенсивно нагреваемым над окружающей средой.

Ньютон, однако, считал само собой разумеющимся, что излучение и температура опережают друг друга *pari passu* — что вам нужно только определить количество получаемого тепла и расстояние до удаленного тела, чтобы узнать, насколько оно горячее.[701] И справедливость этого принципа, известного как "Закон Ньютона" охлаждения, никогда не подвергалась сомнению, пока Де ла Рош не указал в 1812 году,[702] что это приблизительно верно только в небольшом диапазоне температур. температура; а пять лет спустя Дюлонг и Пети обобщили экспериментальные результаты, превратив их в правило, согласно которому, в то время как температура растет в арифметической прогрессии, излучение увеличивается в геометрической прогрессии.[703] Приняв эту формулу, Пуйе вывел из своих наблюдений за солнечным теплом температуру солнца где-то между 1461 ° и 1761 ° C. Более высокая из этих точек, которая близка к температуре плавления платины, несомненно, превосходит температуру в фокусе некоторых прожекторов, которые были сконструированы такой мощности, что практически позволяют переносить помещенные в них объекты на расстояние в четверть миллиона миль от фотосферы. В лучах, сконцентрированных таким образом, платина и алмаз быстро испаряются, несмотря на большие потери тепла при поглощении, сначала при прохождении через

воздух, а затем при прохождении через линзу. Таким образом, максимум Пуйе явно слишком мал, поскольку он предполагает абсурдность предположения о излучающей массе, способной нагревать удаленное тело сильнее, чем оно само нагревается.

Менее очевидно, но едва ли менее уверенно, что м-р Дж. Дж. Уотерстон, который исследовал проблему в 1860 году, допустил ошибку в противоположном направлении. Обработывая, по принципу Ньютона, данные, собранные им самим в Индии и в Эдинбурге, он получил для "потенциальной температуры" солнца  $12\,880\,000^{\circ}$  по Фаренгейту.,[704] эквивалентно  $7\,156\,000^{\circ}$  С. Фраза *потенциальная температура* (которую Виолле заменил в 1876 году на *эффективную температуру*) была предназначена для выражения постулированного для простоты накопления на одной поверхности излучения, которое не является невероятным, получаемого от множества отдельных слоев солнца, усиливающих друг друга; и, таким образом, (как было объяснено) могло быть значительно выше, чем *фактическая* температура любого отдельного слоя.

В Риме в 1861 году отец Секки повторил эксперименты Уотерстона и подтвердил свой вывод;[705] в то время как наблюдения Соре, сделанные на вершине Монблана в 1867 году,[706] предоставил ему материалы для новой и еще более высокой оценки в десять миллионов градусов по Цельсию.[707] Однако из тех же самых данных, заменив закон Ньютона данными Дюлонга и Пети, Висер вывел в 1872 году *предварительную* температуру солнца в  $1,398^{\circ}$ .[708] Это ниже температуры, при которой плавится железо, и мы знаем, что пары железа существуют высоко в атмосфере Солнца. Этот вопрос был рассмотрен по другую сторону Атлантики Эрикссоном в 1871 году. Он попытался восстановить пошатнувшийся авторитет принципа Ньютона и с его помощью достиг температуры в  $4\,000\,000^{\circ}$  по Фаренгейту.[709] Впоследствии "недооцененный расчет", основанный на наблюдении количества тепла, получаемого его "солнечным двигателем", дал ему  $3\,000\,000^{\circ}$  с. И результат, как он настаивал, неизбежно вытекал из принципа, согласно которому температура, создаваемая лучистым теплом, пропорциональна его плотности или обратно пропорциональна его диффузии.[710] Однако этот принцип явно несостоятелен.

В 1876 году температура солнца была предложена в качестве предмета для присуждения премии Парижской академией наук; но хотя эссе месье Жюля Виоля было удостоено высшей награды, проблема была объявлена нерешенной. Виолле (который

придерживался формулы Дюлонга и Пети) достиг *эффективной* температуры в  $1500^{\circ}\text{C}$ , но посчитал, что она может *фактически* достигать  $2500^{\circ}\text{C}$ , если мощность излучения фотосферных облаков будет намного ниже (что казалось вероятным) стандарта ламповой черноты.[711] Эксперименты, проведенные в апреле и мае 1881 г., дали несколько более высокий результат, он поднял этот показатель до  $3000^{\circ}\text{C}$ .[712]

Оценки, столь вопиюще расходящиеся, как оценки Уотерстона, Секки и Эрикссона, с одной стороны, и французских ученых, с другой, служили лишь доказательством того, что все они были основаны на порочном принципе. Профессор Ф. Розетти,[713] соответственно, Падуанского университета, наконец осознал необходимость выйти за рамки "законов", явно противоречащих фактам. Температура, например, кислородно-водородного пламени была зафиксирована Бунзеном на уровне  $2800^{\circ}\text{C}$ . — оценка, безусловно, не очень далекая от истины. Но если использовать две системы измерения, применяемые к солнцу, для определения теплоты твердого тела, раскаленного в этом пламени, то, согласно методу расчета Ньютона, она составляет  $45\,000^{\circ}\text{C}$ ; по методу Дюлонга и Пети -  $870^{\circ}\text{C}$ .[714] Обе, таким образом, справедливо отбрасываются, первая обвиняется в преувеличении, вторая - в недооценке. Формула, замененная Розетти в 1878 году, была успешно протестирована при температуре до  $2000^{\circ}\text{C}$ ; но поскольку, как и ее предшественники, это было чисто эмпирическое правило, не гарантированное никакими принципами, и, следовательно, ей нельзя было доверять вне поля зрения, она, как и они, была подвержена разрушению на еще более высоких высотах. Излучение по этому новому рецепту увеличивается как *квадрат absolute*, то есть, количества градусов, отсчитываемых от "абсолютного нуля"  $-273^{\circ}\text{C}$ . Его использование дало для излучающей поверхности солнца эффективную температуру в  $20\,380^{\circ}\text{C}$  (включая предполагаемую потерю половины в солнечной атмосфере); и сопоставляя вероятный дефицит излучения (по сравнению с ламповой чернотой) с вероятным взаимным усилением наложенных слоев, профессор Розетти счел "эффективную" почти эквивалентной "фактической" температуре. "Закон охлаждения", предложенный М. Стефаном в Вене в 1879 году,[715] много лет спустя Больцман показал, что он имеет определенную теоретическую обоснованность.[716] Дело в том, что излучение растет в четвертой степени от абсолютной температуры. Следовательно, температура фотосферы была бы пропорциональна квадратному корню из квадратного корня из ее нагревательных эффектов на расстоянии и, согласно расчетам Стефана, основанным на

измерениях интенсивности солнечного излучения Виолле, составляла всего  $6000^{\circ}\text{C}$ ; в то время как М. Х. Ле Шателье[717] вывел  $7600^{\circ}$  из формулы, передающей сложную и необъяснимую зависимость между температурой раскаленного тела. и интенсивность его красного излучения.

В результате серии экспериментов, тщательно проведенных в Дарамоне, Ирландия, с тонким тепловым балансом, изобретенных Мальчиками и получивших название "радиомикрометр", господа Дж. Уилсон и Грей достигли в 1893 году, с помощью Закона Стефана, температуры фотосферы в  $7400^{\circ}\text{C}$ .,[718], сниженной названным первым исследователем в 1901 году до  $6590^{\circ}$ .[719] Доктор Пашен из Ганновера, с другой стороны, приписал солнцу температуру в  $5000^{\circ}$  на основе сравнения интенсивности солнечного излучения и интенсивности светящейся платины;[720] в то время как F. W. Вери показал в 1895 г.[721], что минимальное значение в  $20\,000^{\circ}\text{C}$  для той же исходной величины получено из формулы Пашена, связывающей температуру с положением максимальной спектральной энергии.

Новое направление исследований было начато Зеллнером в 1870 году. Вместо того чтобы отслеживать солнечное излучение в обратном направлении с помощью сомнительных эмпирических формул, он исследовал его интенсивность у источника. Он показал[722] что, принимая протуберанцы за простые эффекты выхода сильно сжатых газов, из известных механических законов теплового и газообразного состава можно было вывести минимальные значения температур, преобладающих в области их образования. Они составили  $27\,700^{\circ}\text{C}$ . для слоев, лежащих непосредственно над фотосферой, и  $68\,400^{\circ}\text{C}$ . для слоев, лежащих непосредственно под фотосферой, первый рассматривается как область, в которую, а второй - как область, из которой произошли извержения. В этот расчет не были включены выступы высотой более 40 000 миль ( $1.5^{\circ}$ ). Но в 1884 году Г. А. Хирн из Кольмара, принимая во внимание огромные скорости проекции, наблюдавшиеся в промежуточный период, установил два миллиона градусов по Цельсию как самую низкую *внутреннюю* температуру, с помощью которой они могли быть объяснены; хотя и допускал, что фотосферные конденсации несовместимы с более высокой *внешней* температурой, чем от  $50\,000^{\circ}$  до  $100\,000^{\circ}\text{C}$ .[723]

Этот метод, заключающийся в том, чтобы отправиться прямо к самому солнцу, наблюдать за тем, что там происходит, и делать выводы об условиях, может многое рекомендовать; но его

эффективное использование требует знаний, до которых нам еще очень далеко. Например, мы совершенно не осведомлены о действительных обстоятельствах, сопровождающих рождение солнечного пламени. Предположение о том, что они представляют собой не что иное, как явления эластичности, является чисто необоснованным. Спектроскопические показания, опять же, дают надежду в конечном итоге получить фиксированную точку сравнения с земными источниками тепла; но их интерпретация все еще сопряжена с неопределенностями; и действительно, выражение запредельных температур в градусах невозможных термометров в лучшем случае может быть иным, чем тщетной попыткой передать представления о состоянии вещей, совершенно выходящем за рамки нашего опыта.

Более осязаемое, а также менее спорное доказательство интенсивности солнечного излучения, чем любые простые оценки температуры, было получено в некоторых экспериментах, проведенных профессором Лэнгли в 1878 году.<sup>[724]</sup> Используя средства, достоверность которых не подвергается сомнению, он обнаружил, что солнечный диск излучает в 87 раз больше тепла и в 5300 раз больше света, чем равная площадь металла в бессемеровском конвертере после того, как взрыв продолжался около двадцати минут. Блеск раскаленной стали, тем не менее, был настолько ослепительным, что расплавленное железо, стекавшее ослепительно раскаленным добела потоком в тигель, "по сравнению с ним казалось темно-коричневым, представляя контраст, подобный контрасту темного кофе, налитого в белую чашку". Его температура была оценена (не совсем надежно)<sup>[725]</sup> примерно при 2000 ° C; и при расчете относительной интенсивности не учитывалось разрушительное воздействие солнечного света из атмосферы, дополнительные препятствия для его прохождения, создаваемые задымленным воздухом Питтсбурга, или наклонность его падения. Таким образом, очень большой перевес был на стороне металла.

Еще один элемент неопределенности при оценке внутренней силы солнечных лучей все еще предстоит рассмотреть. С того времени, как его диск впервые начали изучать в телескоп, считалось, что ближе к краям он менее яркий. Лукас Валериус из Линкейской академии, по-видимому, был первым, кто обратил внимание на этот факт, который, как ни странно, был опровергнут Галилеем в письме принцу Чези от 25 января 1613 года.<sup>[726]</sup> Отец Шайнер, однако, полностью признал это и посвятил несколько столбцов своего объемистого тома попытке найти этому подходящее объяснение.<sup>[727]</sup> В 1729 году Буге с большой

точностью измерил степень этого затемнения; и на основании его данных Лаплас, приняв принцип излучения, который, как теперь известно, ошибочен, пришел к выводу, что солнце теряет одиннадцать двенадцатых своего света из-за поглощения в своей собственной атмосфере.[728] Реальное существование этой атмосферы, которая полностью отличается от слоев воспламененных паров, образующих линии Фраунгофера, не подлежит сомнению, хотя ее природа все еще остается предметом догадок. Отдельные эффекты его действия на световые, тепловые и химические лучи были тщательно изучены отцом Секки, который в 1870 году[729] вывел, что общее поглощение составляет 88/100 всех излучений, вместе взятых, и добавил важное наблюдение, что свет от конечности больше не белый, а красновато-коричневый. Таким образом, было замечено, что эффекты поглощения распределены неравномерно; и их, очевидно, можно было изучить с пользой, только взяв различные лучи спектра по отдельности и выяснив, насколько сильно каждый из них пострадал при пропускании.

Это было сделано Х. К. Фогелем в 1877 году.[730] Используя поляризационный фотометр, он обнаружил, что только 13 процентов. на фиолетовые лучи убежать на край солнечного диска, 16 синих и зеленых, 25 желтых и 30 процентов. красного. На полпути между центром и лимбом  $88 \cdot 7$  фиолетового света и  $96 \cdot 7$  красного проникают через поглощающую оболочку, устранение которой увеличило бы интенсивность видимого спектра солнца более чем в два с половиной раза в наиболее и в полтора раза в наименее преломляемых частях. Было установлено, что ядро небольшого пятна имеет ту же интенсивность свечения, что и участок неповрежденной поверхности примерно в двух с половиной минутах от конечности. Поскольку эти эксперименты были проведены во время точечного минимума, когда есть основания полагать, что поглощение ниже его средней силы, Фогель предложил повторить их во время большей активности. Они были распространены на тепловые лучи Эдвином Б. Фростом. Подробные исследования, проведенные в Потсдаме в 1892 году[731] показали, что, если бы атмосфера Солнца была удалена, его тепловая мощность, по отношению к нам, увеличилась бы в 1,7 раза. Они также установили практическую однородность излучения всех частей его диска. Подтверждающий результат был получен примерно в то же время Уилсоном и Рамбо, которые обнаружили, что открытое солнце будет в полтора раза горячее настоящего.[732]

Профессор Лэнгли, ныне из Вашингтона, придал мерам такого

рода изощренность, о которой раньше и не мечтали. Надежные определения "энергии" отдельных спектральных лучей впервые стали возможными благодаря его изобретению "болометра" в 1880 году.<sup>[733]</sup> Этот высокочувствительный прибор позволяет измерять тепло не напрямую, как термоэлемент, а по его влиянию на электропроводность. По выражению изобретателя, он представляет собой палец, положенный на дроссельную заслонку паровой машины. Ничтожная сила становится модулятором гораздо большей силы, и таким образом из незаметной становится заметной. При локальном повышении температуры невероятно тонкой полоски платины, служащей проводником в цепи, в этой точке поток электричества затруднен, и включенный гальванометр регистрирует нарушение электрического потока. Таким образом, количество тепла было обнаружено менее чем за десять секунд, что, если бы на таяние килограмма льда было потрачено в течение тысячи лет, оставило бы часть работы незавершенной; а дальнейшие усовершенствования сделали этот чудесный прибор способным реагировать на изменения температуры, не превышающие одной десятиmillionной градуса по Цельсию.<sup>[734]</sup>

Тепло, содержащееся в спектре дифракции, при равных дисперсиях составляет едва ли десятую часть от тепла, содержащегося в призматическом спектре. Соответственно, ранее никогда не считалось возможным измерить его в деталях, то есть луч за лучом. Но только из дифракции, или нормального спектра, можно получить какое-либо истинное представление о реальном распределении энергии между различными составляющими, видимыми и невидимыми, солнечного луча. Эффект прохождения через призму заключается в том, что красные лучи собираются вместе гораздо сильнее, чем синие. Этому призматическому искажению было обусловлено установление псевдомаксимаума тепла в инфракрасном диапазоне, который исчез, когда естественному расположению по длине волны было предоставлено свободное воспроизведение. Болометр Лэнгли показал, что самая горячая часть нормального спектра практически совпадает с его наиболее яркой частью, причем обе находятся в оранжевой области, близко к D-линии.<sup>[735]</sup> Таким образом, исчезли последние свидетельства в пользу тройственного разделения солнечного излучения, и стало очевидно, что вызываемые им различные эффекты — тепловые, световые или химические — обусловлены не каким-либо различием качества сами по себе, а различными свойствами веществ, на которые они воздействуют. Они просто являются носителями энергии, передаваемой в виде более коротких или



более продолжительных вибраций; результат в каждом отдельном случае зависит от способности встречающихся с ними материальных частиц воспринимать эти более короткие или более продолжительные вибрации и по-разному использовать их для учета в своей внутренней экономии.

Длинная серия экспериментов в Аллегейни была завершена летом 1881 года на гребне горы Уитни в Сьерра-Неваде. Здесь, на высоте 14 887 футов, в самом сухом и чистом воздухе, возможно, в мире, атмосферное поглощение становится менее ощутимым, а показания болометра, следовательно, более точными. Сразу же произошло огромное расширение невидимой области солнечного спектра ниже красного. Капитан Эбни получил химический эффект от волн длиной в двенадцать десятитысячных миллиметра. Они дольше всего признавались или действительно считались, на теоретических основаниях, способными существовать. Профессор Лэнгли теперь получал нагревательный эффект от лучей с длиной волны более чем в два раза большей, его тонкая платиновая нить нащупывала путь вниз почти до тридцати десятитысячных миллиметра, или трех "микрон". Таким образом, известная протяженность солнечного спектра увеличилась более чем вдвое. Его видимая часть охватывает диапазон примерно в одну октаву; болометрические показания уже в 1884 году составляли от трех до четырех. Огромная важность недавно исследованного региона вытекает из того факта, что три четверти всей энергии солнечного света приходится на инфракрасную область, в то время как едва ли более сотой части этого количества находится в более известном ультрафиолетовом диапазоне.<sup>[736]</sup> Эти любопытные факты были подкреплены в 1886 году,<sup>[737]</sup> дальнейшими подробностями, полученными с помощью линз и призм из каменной соли, стекло которых непроницаемо как для очень медленных, так и для очень быстрых вибраций. Таким образом, были обнаружены следы солнечного тепла, распределенные по полосам пропускания, чередующимся с полосами атмосферного поглощения, намного превышающими измеряемый предел в 5·3 микрона.

В 1894 году Лэнгли описал на Оксфордском собрании Британской ассоциации<sup>[738]</sup> свои новые "болографические" исследования, в которых чувствительная пластинка заменяла глаз при регистрации отклонений гальванометра, реагирующего на изменения невидимого тепла. Наконец, в 1901 году,<sup>[739]</sup> он воплотил в великолепной карте инфракрасного спектра 740 линий поглощения с определенными длинами волн в диапазоне от 0·76 до 5·3 микрон. Их химическое происхождение, действительно,



остается почти полностью неизвестным, еще не проводилось обширных исследований более медленных колебаний, характерных для конкретных веществ; но есть свидетельства того, что семь из девяти больших полос, пересекающих "новый спектр" (как называет это Лэнгли)[740] являются теллурическими и подвержены сезонным изменениям. Таким образом, подумал он, здесь в конечном итоге можно было бы найти надежную опору для жизненно важных прогнозов голода, засух и богатого урожая.

Атмосферное поглощение никогда прежде не изучалось с такой точностью, как это было сделано Лэнгли на горе Уитни. С помощью одновременных наблюдений с Лоун Пайн, у подножия Сьерры, он смог рассчитать интенсивность, принадлежащую каждому лучу до входа в газовую оболочку земли — другими словами, построить внеатмосферную кривую энергии в спектре. Результат показал, что синий конец пострадал гораздо сильнее, чем красный, причем поглощение менялось обратно пропорционально длине волны. Это свойство останавливать преимущественно более быстрые вибрации присуще, как убедительно показали Фогель и Лэнгли[741] солнечной атмосфере. Эффект этого двойного поглощения таков, как если бы между нами и солнцем были вставлены две пластины красноватого стекла, удаление которых сделало бы его сферу не только в три-четыре раза более яркой, но и отчетливо зеленовато-голубой.[742]

Тот факт, что непокрытое солнце является *голубым*, имеет важное значение для вопроса о его температуре, дать несколько более надежный ответ на который было конечной целью настойчивых исследований профессора Лэнгли; ибо хорошо известно, что по мере нагревания тел пропорциональное представительство в их спектрах более преломляемых лучей становится больше. Самая низкая стадия накаливания - это хорошо знакомый нам *красный жар*. По мере того, как он набирает интенсивность, возникают более быстрые вибрации, и при *белой* температуре устанавливается оптический баланс ощущений. Конечный уровень *синего* тепла, как мы теперь знаем, достигается фотосферой. Таким образом, только на этом основании большого первоначального преобладания синего света мы должны повысить нашу оценку солнечного тепла; и фактические измерения показывают ту же тенденцию к повышению. До недавнего времени цифра Пуйе в 1,7 калории в минуту на квадратный сантиметр земной поверхности была общепринятым значением "солнечной постоянной". Forbes, это правда, получил 2,85 за наблюдения на Фолхорне в 1842 году;

[743] но им не удалось добиться доверия, которого они заслуживали. Результат Пуйе не был окончательно отменен до тех пор, пока Виоль на основе актинометрических измерений на вершине и у подножия Монблана в 1875 году не вычислил интенсивность солнечного излучения равной 2,54,[744] и Крова примерно в то же время в Монпелье показали, что оно превышает две калории.[745] Лэнгли поднялся еще выше. Анализируя результаты экспедиции на гору Уитни, он пришел к выводу, что атмосферное поглощение в два раза эффективнее, чем предполагалось до сих пор. Фактически, по оценкам, едва ли 60% тех солнечных лучей, которые падают перпендикулярно кажущемуся прозрачным небу, достигают уровня моря. Остальные отражаются, рассеиваются или поглощаются. Это открытие потребовало значительного дополнения к первоначальному запасу, столь безжалостно урезанному при передаче, и солнечная постоянная сразу возросла до трех калорий. Рост на этом не остановился. М. Савельев вывел для него значение 3,47 из актинометрических наблюдений, сделанных в Киффе в 1890 году:[746] и Кнут Ангстрем, принимая во внимание возбуждающую способность углекислоты, вывели огромное атмосферное поглощение и солнечную постоянную в четыре калории. [747] Другими словами, солнечное тепло, достигающее окраин нашей атмосферы, способно обеспечивать бесперебойную работу двигателя мощностью в четыре лошадиных силы на каждый квадратный ярд земной поверхности. Таким образом, современные исследования, как правило, делают все более очевидными обширные запасы тепла, содержащиеся в огромном центральном резервуаре нашей системы, приводя при этом в справедливое соответствие оценки его вероятной температуры. Это в значительной степени связано с приобретением работоспособной формулы, с помощью которой можно связать температуру с излучением. Правило Стефана о соотношении четвертой степени, если и не является на самом деле законом природы, то является его наглядной имитацией; и его применение дало практическую уверенность в том, что температура солнца, насколько ее можно определить, не превышает 12000 ° C и не опускается ниже 6500 ° C.

## СНОСКИ:

[698] *Принципы*, стр. 498 (1-е изд.).

[699] *Comptes Rendus*, т. vii., стр. 24.

[700] *Результаты Astr. Наблюдения*, стр. 446.

[701] "Есть только калорийность солиса и радионуклидная плотность, есть только взаимность и квадратичный локализатор подошвы".—*Principia*, стр. 508 (3-е изд., 1726).

[702] *Журнал. о физическом состоянии*, т. lxxv., стр. 215.

[703] *Энн де Шими*, т. vii., 1817, стр. 365.

[704] *Phil. Mag.*, vol. xxiii. (4-я серия), стр. 505.

[705] *Нуово Чименто*, т. xvi., стр. 294.

[706] *Comptes Rendus*, т. lxxv., стр. 526.

[707] Прямой результат 5-1 / 3 миллиона градусов был удвоен с учетом поглощения в собственной атмосфере Солнца. *Comptes Rendus*, t. lxxiv., p. 26.

[708] *Там же.*, стр. 31.

[709] *Природа*, том iv., стр. 204; v., стр. 505.

[710] *Там же.*, том xxx., стр. 467.

[711] *Ann. de Chim.*, т. x. (5-я серия), стр. 361.

[712] *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 254.

[713] *Phil. Mag.*, vol. viii., стр. 324, 1879.

[714] *Там же.*, стр. 325.

[715] *Ситцунгсберихте*, Вена, Bd. lxxix., ii., стр. 391.

[716] *Wiedemann's Annalen*, Bd. xxii., p. 291; *Scheiner, Strahlung und Temperatur der Sonne*, p. 27.

[717] *Comptes Rendus*, 28 марта 1892 г.; *Астрофизика*, том xi., стр. 517.

[718] *Фил. Пер.*, том. clxxxv., стр. 361.

- [719] Процедура. Общество, 12 декабря 1901г.
- [720] Шайнер, *Temp. der Sonne*, стр. 36.
- [721] Астроф. Jour., vol. ii., p. 318.
- [722] *Astr. Nach.*, Nos. 1,815-16.
- [723] *L'Astronomie*, сентябрь 1884 г., стр. 334.
- [724] Амер. Журнал науки, том i. (3-я серия), стр. 653.
- [725] Янг, *Солнце*, стр. 310.
- [726] Указ., т. vi., стр. 198.
- [727] Роза Урсина, библиотека iv., стр. 618.
- [728] *Méc. Cél.*, liv. x., стр. 323.
- [729] Солей (1-е изд.), стр. 136.
- [730] *Monatsber.*, Берлин, 1877, стр. 104.
- [731] *Astr. Нач.*, № 3,105-6; *Астрофизика*, том xi., стр. 720.
- [732] Процедура. Ирландская академия., том ii., № 2, 1892.
- [733] Журнал науки, том xxi., стр. 187.
- [734] Амер. Журнал науки, т. v., с. 245, 1898.
- [735] О частичном предвосхищении Дж. У. Дрейпером этого результата см. Там же. том iv., 1872, стр. 174.
- [736] Филологический журнал, том xiv., стр. 179, 1883.
- [737] "Солнечный и лунный спектр", Мемуары Национального академика. of Science, том. xxxii.; "О доселе непризнанных длинах волн", Амер. Журнал о науке, том. xxxii., август 1886г.
- [738] Астроф. Журнал., том первый, стр. 162.
- [739] *Анналы Смитсоновского астрофизического института. Обсерватория*, том i.; *Comptes Rendus*, т. sxxxii., стр. 734; *Астроф. Jour.*, vol. iii., p. 63.
- [740] Филологический журнал, июль 1901г.
- [741] *Comptes Rendus*, т. xcii., стр. 701.
- [742] *Природа*, том. xxvi., с. 589.

[743] *Фил. Пер.*, том. cxxxii., стр. 273.

[744] *Ann. de Chim.*, t. x., стр. 321.

[745] *Там же.*, т. xi., стр. 505.

[746] *Comptes Rendus*, т. cxii., стр. 1200.

[747] *Виден. Ann.*, Bd. xxxix., p. 294; Scheiner, *Temperatur der Sonne*, pp. 36, 38.

## ГЛАВА VI

### РАССТОЯНИЕ ДО СОЛНЦА

Вопрос о расстоянии до солнца естественным образом возникает при рассмотрении его температуры, поскольку от этого зависит интенсивность испускаемого излучения по сравнению с полученным и измеренным. Но знание этого расстояния имеет ценность совершенно независимо от его связи с физикой Солнца. Полудиамер земной орбиты является нашей стандартной мерой для Вселенной. Это великая фундаментальная величина астрономии — единица измерения пространства, любая ошибка в оценке которой умножается и повторяется тысячью различных способов, как в планетных, так и в звездных системах. Поэтому Эйри назвал его определение "самой благородной проблемой в астрономии". Это также одна из самых сложных.

Рассматриваемые величины настолько малы, что для их точного понимания требуются все ресурсы современной науки.

Неточность наблюдений, из-за которой Луна оказалась бы ближе к нам или дальше от нас, чем она есть на самом деле, на сто миль, исказила бы оценку расстояния до Солнца в шестнадцать миллионов! [748] Для достижения желаемой точности необходимо не что иное, как измерить угол, примерно равный углу, уменьшенному на полпенни на расстоянии 2000 футов от глаза, с точностью немногим более тысячной доли от его значения.

Представленный таким образом угол представляет собой то, что называется "горизонтальным параллаксом" солнца. На эту величину — ширину в полпенни на высоте 2000 футов — он для наблюдателя на вращающейся земле удален при восходе и заходе солнца от своего меридианного положения в небесах. Такова, другими словами, была бы величина земного радиуса, если смотреть с солнца. Если бы мы знали эту величину с уверенностью и прецизионностью, мы также должны были бы с

уверенностью и прецизионностью — поскольку размеры земли, как они есть, хорошо установлены — знать расстояние до солнца. На самом деле, одна величина обычно обозначает другую в работах, посвященных исключительно астрономии. Но этот угол параллакса или кажущееся смещение невозможно измерить напрямую — его невозможно ощутить даже с помощью самых тонких инструментов. Не из-за его малости. Параллактический сдвиг ближайшей из звезд, наблюдаемый с противоположных сторон земной орбиты, во много раз меньше. Но на краю солнца и близко к горизонту, где рассматриваемый угол обзора открывается в полной мере, атмосферные проблемы становятся непреодолимыми и полностью заглушают гораздо более мелкие эффекты параллакса.

Остаются косвенные методы. Астрономы хорошо знакомы с соотношениями, которые различные планетные орбиты имеют по отношению друг к другу. Они настолько связаны, как это выражено Третьим законом Кеплера, что, поскольку периоды известны, нужно только найти интервал между любыми двумя из них, чтобы сразу определить расстояния, отделяющие их все друг от друга и от солнца. План дан; что мы хотим выяснить, так это масштаб, в котором он нарисован; так что, если мы сможем получить надежное измерение расстояния одной планеты от земли, наша проблема будет решена.

Теперь некоторые из наших попутчиков в нашем бесконечном путешествии вокруг Солнца временами вполне укладываются в рамки небесной тригонометрии. Орбита Марса находится в одной точке, не более чем в тридцати пяти миллионах миль от земной, и когда двум телам случается встретиться в благоприятном месте или поблизости от него — такое стечение обстоятельств случается каждые пятнадцать лет, — желанная возможность предоставляется. Таким образом, Марс находится "в оппозиции", или *напротивоположной* от солнца стороне, следовательно, пересекая меридиан в полночь.<sup>[749]</sup> Именно из противостояния Марса, наблюдаемого в 1672 году Ричером в Кайенне совместно с Кассини в Париже, была получена первая научная оценка расстояния до Солнца. Оказалось, что расстояние составляет почти восемьдесят семь миллионов миль (параллакс  $9 \cdot 5''$ ); в то время как Флемстид вывел 81 700 000 миль (параллакс  $10''$ ) из своих независимых наблюдений того же явления — разница, совершенно незначительная на той стадии расследования. Но результат Пикара был всего лишь половиной результата Флемстида (параллакс  $20''$ ; расстояние сорок один миллион миль); и Лахир посчитал, что мы должны быть отделены от центра нашей

системы интервалом в *не менее* 136 миллионов миль.<sup>[750]</sup> Так что неопределенность продолжала оставаться в огромном диапазоне.

Венера, с другой стороны, ближе всего подходит к земле, когда проходит между ней и солнцем. Однако в такие моменты "нижнего соединения" она все еще находится на расстоянии двадцати шести миллионов миль, или (в круглых числах) в 109 раз дальше Луны. Более того, она настолько погружена в солнечные лучи, что необходимые условия для измерения предоставляются только тогда, когда ее путь лежит через его диск. Эти "частичные затмения солнца Венерой" (как называл их Энке) соединены вместе парами,<sup>[751]</sup> компоненты которых разделены восемью годами, повторяющимися попеременно с интервалами 105-1/2 и 121-1/2 лет. Таким образом, первый расчетный транзит произошел в декабре 1631 года, а его спутник (наблюдаемый Хорроксом) - в том же месяце (Н.Э.) 1639 года. Затем, по прошествии 121-1/2 лет, наступила июньская пара 1761 и 1769 годов; и снова после 105-1/2, две последние наблюдаемые пары, 8 декабря 1874 года и 6 декабря 1882 года. На протяжении всего двадцатого столетия пролета Венеры не будет; но астрономам двадцать первого придется ждать только четыре года, пока не появится первая июньская пара. Редкость этих событий связана с тем, что орбиты Земли и Венеры не лежат в одной плоскости. Если бы они это делали, то каждый раз, когда наша планета-близнец обгоняет нас в своем более быстром вращении, происходил бы транзит — то есть в среднем каждые 584 дня. На самом деле все устроено так, что она проходит выше или ниже солнца, за исключением тех случаев, когда она оказывается совсем рядом с линией пересечения двух путей.

Такое явление, как прохождение Венеры, на первый взгляд кажется многообещающим для решения проблемы расстояния до Солнца. Ибо нет ничего проще, чем точно определить либо продолжительность прохождения маленького темного шара по большому блестящему диску, либо момент его вхождения в него или выхода из него. И различия в этих временах (которые из-за сравнительной близости Венеры довольно значительны), наблюдаемые из отдаленных частей земли, могут быть переведены в различия в пространстве, то есть в кажущиеся или параллактические смещения, благодаря которым становится известным расстояние до Венеры, а отсюда, путем простой пропорциональной суммы, расстояние до солнца. Но в этом слове "именно" скрыты ловушки! Это так легко думать и говорить; так бесконечно трудно осознать. Астрономы восемнадцатого века были полны надежд и рвения. Они с уверенностью ожидали

достичь, благодаря предоставленной им двойной возможности, чего-то вроде постоянного урегулирования статистики нашей системы. Они были глубоко разочарованы. Неопределенность относительно расстояния до солнца, которое они рассчитывали сократить до нескольких сотен тысяч миль, оставалась на уровне многих миллионов.

Однако в 1822 году Энке, тогдашний директор Зеебергской обсерватории близ Готы, взялся навести порядок в неразберихе разноречивых и противоречиво интерпретируемых наблюдений. Его объединенный результат для обоих транзитов (1761 и 1769) был опубликован в 1824 году,<sup>[752]</sup> и встретил всеобщее одобрение. Установленный таким образом параллакс солнца составлял  $8.5776''$ , что соответствует среднему расстоянию<sup>[753]</sup>  $95\frac{1}{4}$  миллиона миль. И все же это устранение сомнений было далеко не таким удовлетворительным, как казалось. Безмятежность в этом вопросе длилась ровно тридцать лет. Это было нарушено в 1854 году объявлением Хансена<sup>[754]</sup>, что наблюдаемые движения Луны могут быть приведены в соответствие с теорией только при условии приближения солнца к нам значительно ближе, чем предполагалось.

Доктор Мэтью Стюарт, профессор математики Эдинбургского университета, в 1763 году предпринял тщетную попытку определить расстояние до солнца по его возмущающей силе над нашим спутником.<sup>[755]</sup> Однако Тобиас Майер из Геттингена, чья короткая карьера была богата предложениями, нашел правильный путь к той же цели; и Лаплас в седьмой книге "*Мексиканской Селесты*",<sup>[756]</sup> дал солнечный параллакс, полученный из лунного "параллактического неравенства", по существу идентичного тому, который вытекает из последующего обсуждения Энке транзитов восемнадцатого века. Таким образом, два совершенно независимых метода — тригонометрический, или метод обследования, и гравитационный, или метод возмущения, — казалось, подтверждали друг друга до тех пор, пока девятнадцатое столетие не перешагнуло свой зенит. Удивительно, как часто ошибки замышляются для того, чтобы сбить с толку убеждение.

Тревожная нота Хансена в 1854 году была повторена Леверье в 1858 году.<sup>[757]</sup> Он обнаружил, что видимое месячное колебание солнца, которое отражает реальное месячное движение земли вокруг ее общего с Луной центра тяжести и величина которого зависит исключительно от массы Луны и расстояния до солнца, потребовало уменьшения допустимого значения этого расстояния



на целых четыре миллиона миль. Три года спустя он указал, что некоторые вызывающие недоумение расхождения между наблюдаемыми и рассчитанными точками расположения как Венеры, так и Марса исчезнут при принятии аналогичной меры. [758] Более того, благоприятное противостояние Марса дало в 1862 году возможность для новых наблюдений, которые, отдельно разработанные Стоуном и Виннеке, согласуются со всеми новыми исследованиями по определению большой единицы на расстоянии чуть более 91 миллиона миль. В руки Ньюкомба они отдали 92-1/2 миллиона. [759] Накопившиеся свидетельства в пользу значительного уменьшения расстояния до Солнца были как раз тогда подкреплены дополнительным результатом совершенно иного и неожиданного рода.

Открытие, что свет распространяется от точки к точке не мгновенно, а занимает некоторое короткое время, было сделано Олаусом Ремером в 1675 году благодаря наблюдению, что затмения спутников Юпитера неизменно происходили позже, когда земля находилась на дальней стороне, чем когда она находилась на ближней стороне своей орбиты. Половина разницы, или времени, затрачиваемого световой вибрацией на пересечение "среднего радиуса" земной орбиты, называется "уравнением освещенности"; и определение ее точной величины потребовало скрупулезности, характерной для современной астрономии. Деламбр в 1792 году сделал это за 493 секунды. Глазенапп, русский астроном, увеличил оценку в 1874 году до 501, профессор Харкнесс принимает безопасное среднее значение в 498 секунд. Следовательно, если бы у нас были какие-либо независимые средства определения скорости распространения света, мы могли бы сразу определить, как далеко находится солнце.

Есть еще один способ, с помощью которого знание о скорости света привело бы нас прямо к цели. При тщательном наблюдении и измерении небесные тела воспринимаются как сдвинутые со своих истинных мест в направлении движения земли на очень незначительную величину. Этот эффект (о котором уже говорилось) был известен со времен Брэдли как "абберация". Оно возникает в результате сочетания двух движений земли вокруг Солнца и световых волн в эфире. Если бы земля стояла неподвижно или если бы свет не тратил время на дорогу от звезд, такого эффекта не было бы. Его величина представляет собой соотношение между скоростями, с которыми земля и световые лучи совершают свои соответствующие путешествия. Это соотношение составляет, грубо говоря, один к десяти тысячам.

Таким образом, и здесь, если бы мы знали скорость прохождения света в секунду, мы также должны были бы знать скорость в секунду движения Земли, следовательно, размер ее орбиты и расстояние до солнца.

Но до недавнего времени, вместо того чтобы определять расстояние до солнца по скорости света, не было никаких средств установить скорость света, кроме как с помощью несовершенных знаний о расстоянии до солнца. Первые успешные земные эксперименты на мысе датируются 1849 годом; и, безусловно, это немалый триумф человеческой изобретательности - скрупулезно учесть задержку солнечного луча при переходе от одного зеркала к другому. Физо был первым,[\[760\]](#) и через несколько месяцев его сменил Леон Фуко,[\[761\]](#) который в 1862 году усовершенствовал Уитстоуна метод вращающихся зеркал, позволяющий авторитетно заявить, что свет распространяется медленнее и что, следовательно, солнце находится ближе, чем предполагалось. [\[762\]](#) Таким образом, было обнаружено, что третья линия отдельных исследований сходится к одной точке с двумя другими.

Против такого заговора доказательств было невозможно устоять, и на юбилейном собрании Королевского астрономического общества в феврале 1864 года корректировка расстояния до Солнца заняла первое место в анналах года. Однако, чтобы внезапный скачок на четыре миллиона миль ближе к центру нашей системы не поколебал веру общественности в астрономическую точность, было объяснено, что изменение солнечного параллакса, соответствующее этому огромному скачку, составило не более ширины человеческого волоса в 125 футах от глаза![\[763\]](#) В Морском альманахе с 1870 года указано измененное значение 8,95', для которого результат Ньюкомба 8,85', принятый в 1869 году в Берлинских эфемеридах, был заменен примерно десять лет спустя. В астрономической литературе это изменение было инициировано сэром Эдмундом Беккетом в первом издании (1865) его книги "*Астрономия без математики*".

Если оставались какие-либо сомнения относительно вводящего в заблуждение характера дедукции Энке, в которую так долго безоговорочно верили, они были устранены повторным обсуждением Повалки и Стоуна в 1864 и 1868 годах соответственно наблюдений за транзитом 1769 года. Используя улучшенные определения долготы различных станций и избирательное отношение к своим материалам, которые, какими бы необходимыми они ни были, не избежали негативной критики,

они получили результаты, подтверждающие более не оспариваемую необходимость значительного увеличения солнечного параллакса и пропорционального уменьшения расстояния до солнца. Еще раз в 1890 году, и на этот раз с большим успехом, профессор Ньюкомб исследовал транзиты восемнадцатого века.[764] Обратившись к полученному за это время опыту относительно оптических явлений, сопровождающих такие события, он извлек из массы имеющихся в его распоряжении несколько противоречивых наблюдений параллакс ( $8 \cdot 79''$ ), который полностью согласуется со значением, данным различными методами недавних исследований.

Однако выводы по этому вопросу по-прежнему считались чисто предварительными. Быстро приближался пролет Венеры, и нерешенный вопрос должен был быть передан на рассмотрение ее арбитража, как суда последней инстанции. Верно, что вердикт по тому же делу, вынесенный тем же судом столетием ранее, оказался настолько нерешительным, что послужил лишь отправной точкой для нового судебного разбирательства; но это столетие не прошло даром, и с уверенностью ожидалось, что трудности наблюдения, тогда столь же неожиданные и непреодолимые, уступят место тщательной современной подготовке.

Условия прохождения 8 декабря 1874 года были в общих чертах описаны сэром Джорджем Эйри, в то время королевским астрономом, в 1857 году,[765] и были предметом оживленного обсуждения в этой и других странах вплоть до самого кануна происшествия. В них г-н Проктор принимал ведущее участие; и именно благодаря его настоятельным заявлениям было принято решение о применении метода, обозначенного именем Галлея, [766] который, как слишком поспешно предполагалось, неприменим к первому из каждой транзитной пары. Это зависит от разницы во времени, затрачиваемом планетой на пересечение солнечного диска, если смотреть с различных точек земной поверхности, и требует, соответственно, видимости как входа, так и выхода с одной и той же станции. Поскольку в 1874 году они были разделены примерно тремя с половиной часами, а интервал может быть намного больше, выбор записей для успешного использования "метода длительностей" представляет некоторую трудность.

Система, описанная Делилем в 1760 году, с другой стороны, включает в себя простое фиксирование момента входа или выхода (в зависимости от ситуации) с противоположных концов

земного диаметра; разница во времени дает оценку кажущегося смещения планеты, следовательно, ее фактической скорости перемещения в милях в минуту, из которой немедленно выводятся ее расстояния по отдельности от земли и солнца. Главная сопутствующая трудность заключается в необходимости точного определения долготы точек наблюдения. Но столетие назад это ощущалось гораздо острее, чем сейчас, улучшенная легкость и определенность современных решений, как правило, дают плану Делислана решительное превосходство над его соперником.

Эти два традиционных метода были дополнены в 1874 году фотоаппаратом и гелиометром. Прежде всего, многого ожидали от фотографии. Наблюдения, проводимые с его помощью, имели бы преимущества беспристрастности, многочисленности и постоянства. Были бы устранены особенности зрения и предвзятость суждений; медленное развитие явления позволило бы сделать неопределенное количество снимков, зафиксировав их эпохи с точностью до доли секунды; в то время как считалось, что последующее неторопливое сравнение и измерения вряд ли могли бы не выявить приблизительную истину из массы накопленных свидетельств. Использование гелиометра (на который во многом полагались немецкие наблюдатели) было настолько схожим с использованием фотокамеры, что целью обоих было определение взаимного положения *центров* Солнца и Венеры, наблюдаемых в один и тот же абсолютный момент с противоположных сторон земного шара. Таким образом, принцип двух старых методов заключался в установлении точного времени встречи солнечной и планетарной ветвей; принцип двух современных - в определении положения темного тела, уже полностью выделяющегося на своем светящемся фоне. Первые - это "методы путем контакта", вторые - "методы путем проекции".

Каждая страна, у которой была репутация, которую нужно было сохранить или завоевать благодаря научному рвению, была готова сотрудничать в великом космополитическом предприятии транзита. Франция и Германия отправили по шесть экспедиций; двадцать шесть станций были на русском языке, двенадцать - на английском, восемь - на американском, три - на итальянском, одна - на голландском оккупационном. В общей сложности стоимостью почти в четверть миллиона было оборудовано около восьмидесяти отдельных наблюдательных пунктов; среди них такие негостеприимные и практически неприступные скалы в суровом Южном океане, как острова Сент-Полс и Кэмпбелл, пострадавшие от ураганов и приспособленные только для

обитания морских птиц, где отважные приверженцы науки, мудро предвидевшие длительную борьбу со стихией, запаслись припасами на много месяцев или даже на целый год. Сибирь и Сандвичевы острова были густо окружены наблюдателями; отряды трех национальностей расположились лагерем в тумане острова Кергелен, выразительно названного "Страной запустения", в оптимистичной, хотя и не полностью обманутой надежде увидеть проблеск солнца в нужный момент. М. Янссен чудом избежал гибели от тайфуна в Китайском море по пути в Нагасаки; лорд Линдсей (ныне граф Кроуфорд и Балкаррес) снарядил за свой личный счет экспедицию на Маврикий, которая сама по себе была грандиозным событием. Janssen чудом избежал разрушения от тайфуна в Китайском море по пути в Нагасаки. воплощение современных ресурсов и изобретательности.

В течение нескольких лет практические методы, наиболее подходящие для обеспечения успеха предстоящего предприятия, были предметом европейских дебатов. Были назначены официальные комиссии для получения доказательств и принятия решений по ним; и проводились эксперименты с целью определения фактических обстоятельств контактов, точное установление которых представляло собой единственный испытанный, хотя и отнюдь не безусловно безопасный путь к намеченной цели. В Англии, Америке, Франции и Германии были установлены искусственные транзиты, и члены различных экспедиций были тщательно обучены единодушию в оценке фаз соединения и разделения движущегося темного круглого тела и широкого освещенного диска. В предыдущем столетии грозное и широко распространенное явление, получившее известность как "Черная капля" или "Черная связка", затопило все претензии на строгую точность. Это можно описать как замену контакта адгезией, когда части солнца и планеты, вместо того чтобы встречаться и расставаться с желаемой чистой определенностью, *цепляю т ся* друг за друга, как будто сделаны из какого-то клеевого материала, и продлевают их связь посредством темной полосы или темных нитей, протянутых между ними. Некоторые астрономы приписывали это сбивающее с толку явление исключительно несовершенству инструментов; другие - атмосферному возмущению; третьи, опять же, оптическому вторжению света во тьму, известному как "излучение". Вполне вероятно, что все эти причины в той или иной степени сговорились, чтобы вызвать это; и несомненно, что его *бросающееся в глаза* появление может быть устранено с помощью соответствующих мер предосторожности.

Организация британских вооруженных сил отражает исключительную заслугу энергии и способностей подполковника Тапмена, который отвечал за все в целом. Ни одна полезная мера не была упущена. Каждый наблюдатель выходил со своим "личным уравнением", его чувства были натренированы в своего рода боевой дисциплине, его силы были поглощены, насколько это было возможно, действиями космополитической наблюдательной машины. Инструментальное единообразие и единообразный метод были достижимы; но разнообразие суждений, к несчастью, пережило целенаправленные усилия по его искоренению.

Не успел пройти насыщенный событиями день, как посыпались телеграммы, извещавшие о значительном, хотя и не безоговорочном успехе. Погода оказалась в целом благоприятной; многочисленные мероприятия сработали хорошо; были тщательно соблюдены контакты; были получены фотографии в изобилии; короче говоря, был накоплен запас материалов, для получения полных результатов путем расчетов потребовались бы годы. Постепенно, тем не менее, стало известно, что от надежды на окончательное решение вопроса следует отказаться. Единодушие оказалось столь же отдаленным, как и прежде. Страшная "черная связка" действительно доставила меньше хлопот, чем ожидалось; но последовало еще одно явление, которое застало врасплох большинство наблюдателей. Это было освещение, вызванное атмосферой Венеры. Астрономы, это правда, не были в неведении о том, что в предыдущих случаях планету видели опоясанной светлым кольцом; но ее способность портить наблюдения искажающим эффектом преломления едва ли принималась во внимание. Однако она оказалась очень большой. Трудность определения критического момента внутреннего контакта была такова, что (по словам полковника Тапмена) "наблюдатели, стоявшие бок о бок с соответствующими оптическими средствами, различались на целых двадцать или тридцать секунд во времени, которое они регистрировали для явлений, описанных ими почти идентичным языком".[767]

Такие неопределенности в данных допускали соответствующее разнообразие результатов. Из британских наблюдений за входом и выходом Сэр Джордж Эйри[768] в 1877 году вывел солнечный параллакс, равный  $8 \cdot 76''$  (скорректированный до  $8 \cdot 754''$ ), что указывает на среднее расстояние в 93 375 000 миль. Мистер Стоун получил значение в девяносто два миллиона (параллакс  $8 \cdot 88''$ ), и считал любой параллакс меньшим  $8 \cdot 84''$  или более  $8 \cdot 93''$

должно быть "абсолютно отрицательным" в соответствии с имеющимися документами.[769] Тем не менее, из того же самого полковник Тапмен вывел  $8 \cdot 81'$ , [770] подразумевая расстояние на 700 000 миль больше, чем получил Стоун. Лучшие французские наблюдения контактов дали параллакс около  $8 \cdot 88''$ ; французские микрометрические измерения явно преувеличили параллакс до  $9 \cdot 05'$ . [771]

Фотография, которую практиковало большинство европейских вечеринок, потерпела полный провал. Совершенно противоречивые значения микроскопических смещений, предназначенных для использования в качестве линий зондирования Солнечной системы, получены в результате попыток измерить даже самые многообещающие снимки. "С таким же успехом вы могли бы попытаться измерить зодиакальный свет", - было замечено сэру Джорджу Эйри. Снимки, сделанные по американскому плану использования телескопов с таким большим фокусным расстоянием, чтобы без дальнейшего увеличения получать изображение требуемого размера, дали заметно лучшие результаты. Проведя тщательное сравнение образцов, найденных во Владивостоке, Нагасаки и Пекине, с другими образцами с островов Кергелен и Чатем, профессор Д. П. Тодд из Амхерстского колледжа вывел расстояние до солнца около девяноста двух миллионов миль (параллакс  $8 \cdot 883' \pm 0 \cdot 034'$ ), [772] и ее ценность была подтверждена параллельными доказательствами.

В целом нельзя сказать, что оценки большой пространственной единицы получили какую-либо поддержку благодаря совместным усилиям 1874 года. За несколько месяцев до перехода мистер Проктор посчитал, что неопределенность тогда составляла 1 448 000 миль; [773] через пять лет после перехода профессор Харкнесс подсчитал, что расстояние все еще составляет 1 575 950 миль; [774] тем не менее, надеялись, что их количество сократится до 100 000. Что касается цели, ради которой она была предпринята, то грандиозная кампания ни к чему не привела. Тем не менее, не было заметно никаких признаков уныния. Взгляды изменились, но цели не ослабли. Было очевидно, что проблема может быть решена не одним героическим усилием, а терпеливым приближением постепенных улучшений. Астрономы, соответственно, искали новые средства или более совершенные способы применения уже известных. Началась новая фаза напряженных усилий.

5 сентября 1877 года Марс столкнулся с противоположностью

вблизи той части своей орбиты, которая находится ближе всего к орбите Земли, и доктор Джилл (ныне сэр Дэвид) воспользовался этим обстоятельством, чтобы еще раз обратиться к нему за решением по *досадному* вопросу о расстоянии до Солнца. Местом своих трудов он выбрал остров Вознесения, а для их плана - метод, рекомендованный Эйри в 1857 году,<sup>[775]</sup> но никогда ранее не опробованный по-настоящему. Это известно как "суточный метод параллакс". Его принцип заключается в замене последовательных утренних и вечерних наблюдений с одного и того же места одновременными наблюдениями с удаленных точек, причем вращение земли обеспечивает необходимую разницу в точках обзора. Его большим преимуществом является единство в производительности. Повсюду используется единый разум, смотрящий одной и той же парой глаз, усиленный одними и теми же оптическими приборами, и удастся избежать ошибок, неотделимых от сочетания данных, собранных в различных условиях. Есть много случаев, когда один человек может выполнять работу за двоих лучше, чем двое мужчин могут выполнять работу за одного. Результатом умелых расчетов Джилла (сделанных с помощью гелиометра лорда Линдсея) стал параллакс солнца, равный  $8 \cdot 78'$ , что соответствует расстоянию в 93 080 000 миль.<sup>[776]</sup> Золотой медалью Королевского астрономического общества отмечены заслуги этой выдающейся службы.

Но есть и другие объекты для такого рода исследований, помимо Марса и Венеры. Профессор Галле из Бреслау предположил в 1872 году<sup>[777]</sup> что некоторые из малых планет могут быть получены в качестве компенсации астрономам за большой бескорыстный труд, затраченный на разгадку их движения, оказывая помощь в их усилиях по правильному обзору небесных тел. Десять или двенадцать находятся достаточно близко и достаточно ярки для этой цели; фактически, отсутствие ощутимой величины является одной из их главных рекомендаций, поскольку светящаяся точка предоставляет гораздо больше возможностей для точного измерения, чем диск. Первая попытка исследовать эту новую жилу была предпринята на противостоянии Фокеи в 1872 году; и из наблюдений за флорой в следующем году в двенадцати обсерваториях в северном и южном полушариях Галле вывел солнечный параллакс, равный  $8 \cdot 87'$ .<sup>[778]</sup> На Маврикии в 1874 году лорд Линдсей и сэр Дэвид Гилл применили "суточный метод" к Юноне, которая тогда находилась в удобном для этой цели месте; и постоянное использование подобных случаев предоставляет непревзойденное средство для улучшения знаний о расстоянии до солнца. Они часто повторяются; они не



требуют тщательной подготовки; один астроном, вооруженный гелиометром, может выполнить всю необходимую работу. Доктор Джилл, однако, организовал более сложный план операций на Айрис в 1888 году, а также на Виктории и Сафо в 1889 году. Был принят новый метод. Его целью было обеспечить одновременные наблюдения, проводимые с противоположных сторон земного шара как раз в тот момент, когда планета находилась в плоскости, проходящей через центр Земли, и двумя наблюдателями, причем в каждом случае использовалась одна и та же пара опорных звезд. Таким образом, смещения, вызванные параллаксом, были в некотором смысле удвоены, поскольку звезда, к которой планета казалась приближенной в северном полушарии, казалась как бы слегка удаленной от нее в южном, и *наоборот*. По мере того как планета следовала своим курсом, в течение недель, пока длился благоприятный период, в игру вступали новые звездные пары. При этих определениях использовались только гелиометры. Доктор Элкин из Йельского колледжа сотрудничал во всем, и гелиометры Дрездена, Геттингена, Бамберга и Лейпцига участвовали в работе, в то время как доктор Оверс из Берлина был личным помощником сэра Дэвида Гилла в Кейптауне. Были собраны обширные данные; меридиональные наблюдения опорных звезд Виктории заняли двадцать одно учреждение в течение четырех месяцев; непосредственная работа по триангуляции позволяла использовать четыре гелиометра почти исключительно большую часть года; и последующие трудоемкие вычисления, выполнявшиеся в течение трех лет в Капской обсерватории, заполнили своими подробностями два объемистых тома<sup>[779]</sup>. Окончательным результатом Джилла, опубликованным в 1897 году, был параллакс  $8 \cdot 802''$ , эквивалентный расстоянию до солнца в 92 874 000; и он был ограничен вероятной ошибкой, настолько малой, что значение вполне могло быть принято как окончательное, если бы не неожиданное открытие. Было обнаружено, что малая планета Эрос, обнаруженная 14 августа 1898 года, следует курсом, который делает ее почти идеальным посредником при определении солнечного параллакса. Раз в тридцать лет он проходит на расстоянии пятнадцати миллионов миль от земли; и хотя следующей из этих эпох выбора следует ожидать в течение нескольких десятилетий, в 1900 году произошло противостояние, слишком благоприятное, чтобы им пренебрегать. Соответственно, на Международной конференции, состоявшейся в Париже в июле того же года, между представителями не менее чем 58 обсерваторий был согласован план фотографических операций.<sup>[780]</sup> Его основной целью было получить большой запас негативов, изображающих планету со

звездами сравнения вдоль маршрута, пройденного ею с октября 1900 года по март 1901 года,<sup>[781]</sup> и это, по крайней мере, было успешно достигнуто. Их измерение позволит в должное время выявить видимые смещения движущегося объекта при одновременном наблюдении из удаленных частей земли; и результатом должен быть солнечный параллакс, точность которого соответствует настоятельным требованиям двадцатого века.

Второго из пары прохождений Венеры в девятнадцатом веке ожидали с гораздо меньшим энтузиазмом. Россия отказалась от активного сотрудничества в наблюдении за ним на том основании, что противоположности малых планет были тригонометрически более полезными и гораздо менее затратными в финансовом отношении; и ее примеру последовала Австрия; в то время как итальянские астрономы ограничили сферу своей деятельности своим собственным полуостровом. Тем не менее, общепринято считалось, что феномену, свидетелем которого мир сможет вновь стать только после того, как он станет на четыре поколения старше, не следует позволять, ценой любых усилий, оставаться без внимания.

Убежденность в его важности оправдала созыв Международной конференции в Париже в 1881 году, от которой, однако, Америка, предпочитая независимые действия, держалась в стороне. Было решено еще раз испытать метод Делиля; и двусмысленности, сопровождающие его использование и мешающие ему, стремились устранить с помощью тщательных правил для обеспечения согласия в оценке критических моментов входа и выхода.<sup>[782]</sup> Но на самом деле (как показал М. Пюизе<sup>[783]</sup>) контакты между конечностями Солнца и планеты, которые не обладают приписываемой им геометрической простотой, на самом деле состоят из длительной последовательности различных и изменяющихся фаз, которые невозможно ни предсказать, ни идентифицировать с какой-либо сколь-либо жесткой точностью. Сэр Роберт Болл сравнил задачу точного определения момента их встречи или расставания с задачей точного определения времени на часах без минутной стрелки; и это сравнение, по общему признанию, неадекватно. Ибо не только кажущееся движение Венеры вокруг Солнца чрезвычайно медленное, что является всего лишь превышением ее реального движения над движением Земли; но и три различных атмосферы — солнечная, земная и Китерианская — в совокупности искажают очертания и маскируют геометрические соотношения, которые желательно увязать со строгим отсчетом времени.

Результат оказался во многом таким, как и ожидалось. Приготовления были превосходными, и лишь в нескольких случаях им помешала плохая погода. Британские партии под опытным руководством мистера Стоуна, покойного наблюдателя из Рэдклиффа, заняли позиции, разбросанные по всему земному шару, от Квинсленда до Бермудских островов; американцы собрали целую библиотеку фотографий; немцы и бельгийцы доверяли гелиометру; французы использовали фотоаппарат как дополнение к методу установления контактов. Тем не менее, практически никакого подхода к решению этой проблемы сделано не было. Таким образом, из 606 измерений положения Венеры на солнце, сделанных гелиометром нового типа в Сантьяго в Чили, М. Узо из Брюссельской обсерватории вывел солнечный параллакс, равный  $8,907''$ , и расстояние в 91 727 000 миль.<sup>[784]</sup> Но "вероятные ошибки" этого определения составили  $0,084''$  в любом случае: оно зависело от "более или менее" 900 000 миль или от общей неопределенности в 1 800 000 миль. "Вероятная ошибка" английского результата, опубликованного в 1887 году, была менее серьезной,<sup>[785]</sup> однако детали обсуждения показали, что большого доверия к ней быть не может. Расстояние до солнца составило 92 560 000 миль, в то время как 92 360 000 было получено в результате исследования профессором Харкнессом 1475 американских фотографий.<sup>[786]</sup> Наконец, доктор Оверс вывел из немецких гелиометрических измерений неудовлетворительно малое значение в 92 000 000 миль.<sup>[787]</sup> Таким образом, транзит 1882 года не привел к желаемому единодушию.

Состояние и прогресс знаний по этой важной теме были подытожены Фэй и Харкнессом в 1881 году.<sup>[788]</sup> Методы, используемые при его исследовании, подразделяются (как мы видели) на три отдельных класса — тригонометрические, гравитационные и "фототахиметрические" — неуклюжее прилагательное, используемое для описания метода со скоростью света. У каждого из них есть свои особые трудности и источники ошибок; у каждого есть уравнивающие преимущества. Единственным достоверным результатом астрономических исследований в то время были наблюдения Джиллом Марса в 1877 году. Но метод, основанный на лунных и планетарных возмущениях, отличается от всех остальных тем, что на его стороне время. Именно это, как подчеркивал Леверье, неизбежно должно преобладать, потому что его точность постоянно растет.<sup>[789]</sup> Едва заметные ошибки, которые все еще препятствуют его применению, имеют такую природу, что накапливаются год от года; в конце концов, они будут оспариваться и должны получать

все более и более совершенное исправление. Однако предпочтение М. Фэя было отдано методу определения скорости света и в течение нескольких лет оправдывалось.

С помощью прекрасной серии экспериментов по принципу Фуко, Майкельсон установил в 1879 году скорость прохождения света на уровне 299 930 (позже скорректированных до 299 910) километров в секунду.[790] Профессор Тодд считал, что это определение заслуживает в четыре раза большей уверенности, чем любое предыдущее; и если солнечный параллакс, равный  $8 \cdot 758''$ , выведенный из него профессором Харкнессом, несколько ошибочен из-за дефекта, то это, несомненно, потому, что "уравнение освещенности" Глазенаппа, с которым оно было объединено, немного ошибается из-за превышения. Но все предыдущие попытки подобного рода были отброшены в тень напряженной работы профессора Ньюкомба в Вашингтоне в 1880-1882 годах.[791] Масштаб, в котором они проводились, сам по себе впечатлял. Весь аппарат Фуко в 1862 году был заключен в одной комнате; вращающееся и неподвижное зеркала Ньюкомба, между которыми лучи света должны были проходить свой рассчитанный курс, были установлены на противоположных берегах Потомака, на расстоянии почти четырех километров. Это преимущество было максимально использовано благодаря изобретательности и мастерству в изобретении и исполнении; и расчетная скорость в 299 860 километров = 186 328 миль в секунду имела расчетную погрешность (30 километров) всего в одну десятую от той, которую Корню приписал своему собственному результату в 1874 году.

Как только эти эксперименты были завершены в 1882 году, М. Магнус Нирен из Санкт-Петербурга опубликовал подробное исследование малых кольцевых смещений звезд из-за последовательного прохождения света, включающее увеличение "постоянной аберрации" Струве с  $20 \cdot 445''$  до  $20 \cdot 492''$ . И из нового значения, объединенного со скоростью света Ньюкомба, было получено ценное приближение к расстоянию до Солнца, равному 92 905 021 миле (параллакс =  $8 \cdot 794''$ ). Тем не менее, нет полной уверенности в том, что исправление Нирена было улучшением. Дифференциальный метод определения величины аберрации, предложенный М. Лоуи из Парижа,[792] позволяет избежать большинства возражений против ранее вошедшего в моду абсолютного метода; и результатом его применения в 1891 году было показать, что константу Струве лучше сохранить, чем изменять, а константа Лоуи  $20 \cdot 447''$  отличается от нее лишь в незначительной степени. Профессор Холл, более того, вывел

почти такое же значение ( $20 \cdot 454''$ ) из наблюдений в Вашингтоне за  $\alpha$  Лирой (Вегой) с 1862 года; откуда, в сочетании со скоростью прохождения света Ньюкомба, он пришел к солнечному параллаксу, равному  $8 \cdot 81''$ .<sup>[793]</sup> Обратив процесс вспять, сэр Дэвид Гилл в 1897 году вывел константу из параллакса. Если средний радиус земной орбиты, как он обнаружил, составляет 92 874 000 миль, то, по его расчетам, абберрация света — предполагается, что ньюкомбовские измерения его скорости являются точными — составляет  $20,467''$ . Эта цифра может нуждаться в очень небольшой коррекции.

Профессор Харкнесс исследовал в 1891 году,<sup>[794]</sup> с эклектической точки зрения общую ситуацию с точки зрения параллакса Солнца. Убеденный в том, что ни один отдельный метод не заслуживает исключительного предпочтения, он достиг правдоподобного результата путем комбинирования по принципу наименьших квадратов — то есть по математическим правилам вероятности — всех различных величин, от которых зависит великая данность. Таким образом, он суммировал и согласовал все многочисленные свидетельства, относящиеся к данному вопросу, и, с изменениями, внесенными в 1894 году,<sup>[795]</sup> очень удовлетворительно соответствует определению Саре. Таким образом, мы можем, по крайней мере временно, принять 92 870 000 миль за длину нашего измерительного стержня для измерения пространства. Мы также не сильно рискуем, устанавливая 100 000 миль в качестве внешнего предела его будущей коррекции.

## СНОСКИ:

<sup>[748]</sup> Эйри, *Месяц. Не т.*, том. xvii., стр. 210.

<sup>[749]</sup> Марс вступает в противостояние примерно раз в 780 дней; но из-за эксцентриситета обеих орбит его расстояние от земли в те эпохи варьируется от тридцати пяти до шестидесяти двух миллионов миль.

<sup>[750]</sup> Дж. Д. Кассини, *История. Abrégée de la Parallaxe du Soleil*, p. 122, 1772.

<sup>[751]</sup> Нынешний период сопряженных эксцентрических переходов с течением веков сменится периодом одиночных, почти центральных переходов. Выравнивания, с помощью которых

производятся транзиты Земли, Венеры и солнца, близко к месту пересечения двух планетарных орбит, теперь происходят: первое немного впереди, второе, спустя восемь лет, менее двух с половиной дней, немного позади узла. Но когда первая из этих двух встреч происходит очень близко к узлу, обеспечивая почти центральный транзит, вторая проходит слишком далеко от него, и планета ускользает от проекции на солнце. Причина склонности к восьмилетнему повторению заключается в том, что восемь оборотов Земли совершаются лишь за немногим большее время, чем тринадцать оборотов Венеры.

[752] *Сущность человека: Fortsetzung*, стр. 108. Энке слегка скорректировал свои результаты 1824 года в *берлинском Абх.*, 1835, стр. 295.

[753] Из-за эллиптичности своей орбиты Земля в январе ближе к солнцу, чем в июне, на 3 100 000 миль. Величина, которую необходимо определить, или "среднее расстояние", лежит посередине между этими крайними значениями — это, другими словами, половина большой оси эллипса, по которому движется земля.

[754] *Месяц. Не.*, том xv., стр. 9.

[755] *Расстояние Солнца от Земли, определенное Теорией тяготения*, Эдинбург, 1763.

[756] *Опера*, т. iii., стр. 326.

[757] *Comptes Rendus*, т. xlv., стр. 882. Параллакс  $8.95'$ , полученный Леверье из описанного выше неравенства в движении Земли, был скорректирован Стоуном до  $8.91'$ . *Месяц. Не т.*, том. xxviii., стр. 25.

[758] *Месяц. Не т.*, том. xxxv., стр. 156.

[759] *Wash. Obs.*, 1865, Приложение ii., стр. 28.

[760] *Comptes Rendus*, t. xxix., p. 90.

[761] *Там же.*, т. xxx., стр. 551.

[762] *Там же.*, т. lv., стр. 501. Ранее принятая скорость составляла 308 миллионов метров в секунду; Фуко уменьшил ее до 298 миллионов. В сочетании с "постоянной аберрацией" Струве это дало  $8,86'$  для солнечного параллакса, что в точности соответствовало результату Корню, полученному в результате повторения экспериментов Физо в 1872 году. *Comptes Rendus*, t.

[763] *Месяц. Не т.*, том. xxiv., стр. 103.

[764] *Astr. Документы американских эфемерид*, том ii., стр. 263.

[765] *Месяц. Не т.*, том. xvii., стр. 208.

[766] Потому что очень похоже на предложенное им в *Филос. Пер.* для 1716 года.

[767] *Месяц. Не т.*, том. xxxviii., стр. 447.

[768] *Там же.*, стр. 11.

[769] *Там же.*, стр. 294.

[770] *Там же.*, стр. 334.

[771] *Comptes Rendus*, т. xcii., стр. 812.

[772] *Обсерватория*, т. v., стр. 205.

[773] *Транзиты Венеры*, стр. 89 (1-е изд.).

[774] *Журнал науки*, том xx., стр. 393.

[775] *Месяц. Не т.*, том. xvii., стр. 219.

[776] *Mem. Roy. Astr. Soc.*, том. xlv., стр. 163.

[777] *Astr. Nach.*, No. 1,897.

[778] Хилфикер, *Бернский государственный университет*, 1878, стр. 109.

[779] *Анналы Капской обсерватории*, тома vi., vii.

[780] *Rapport sur l'État de l'Observatoire de Paris pour l'Année 1900*, p. 7.

[781] *Обсерватория*, vol. xxiii., стр. 311; Ньюкомб, *Astr. Журнал.*, № 480.

[782] *Comptes Rendus*, т. xciii., стр. 569.

[783] *Там же.*, т. xcii., стр. 481.

[784] *Бычий текст. академия.*, т. vi., стр. 842.

[785] *Месяц. Не т.*, том. xlviii., стр. 201.

[786] *Astr. Журнал.*, № 182.

[787] *Astr. Nach.*, No. 3,066.

[788] *Comptes Rendus*, т. xcii., стр. 375; *Журнал науки*, том. xxii., с. 375.

[789] *Месяц. Непт.*, том. xxxv., стр. 401.

[790] *Am. Журнал Sc.*, том. xviii., с. 393.

[791] *Природа*, т. xxxiv., с. 170; *Астрон. Документы американских эфемерид*, том ii., стр. 113.

[792] *Comptes Rendus*, т. cxii., стр. 549.

[793] *Астр. Journ.*, Nos. 169, 170

[794] *Солнечный Параллакс и связанные с ним постоянные*, Вашингтон, 1891.

[795] *Astr. and Astrophysics*, vol. xiii., с. 626.

## ГЛАВА VII

### ПЛАНЕТЫ И СПУТНИКИ

Johann Hieronymus Schröter was the Herschel of Germany. Правда, он не обладал более блестящими способностями своего соперника. Ему не хватало проницательности Гершеля, всеобъемлющего интеллекта и великолепия изобретательности. Тем не менее он был основателем описательной астрономии в Германии, как Гершель в Англии.

Родившийся в Эрфурте в 1745 году, он изучал юриспруденцию в Геттингене и там перенял от Кестнера преданность науке на всю жизнь. Однако от закона он получал средства к жизни и, что было для него в полной мере драгоценно, средства наблюдения. Войдя в сферу ганноверского чиновничества в 1788 году, он несколько лет спустя поселился в Лилиентале, недалеко от Бремена, в качестве "оберамтмана", или главного магистрата. Здесь он построил небольшую обсерваторию, дополненную в 1785 году семифутовым рефлектором работы Гершеля, в то время одним из самых мощных инструментов, которые можно было найти где-либо за пределами Англии. Вскоре, благодаря его усилиям, она была превзойдена первыми плодами местной промышленности в этой отрасли. Шрейдер из Кия перенес свои мастерские в Лилиенталь в 1792 году и построил там под руководством и за



счет астрономического Оберамтмана тринадцатифутовый рефлектор, объявленный Лаландом лучшим телескопом из существующих, с фокусным расстоянием в двадцать семь футов, вероятно, настолько же уступающий своему предшественнику по реальной эффективности, насколько и превосходящий его по размерам.

Таким образом, с помощью приборов постепенно увеличивающейся мощности Шретер в течение тридцати четырех лет изучал топографию Луны и планет. Поле деятельности тогда было почти нехоженым; у него было лишь несколько случайных предшественников, и с тех пор ему не было равных в постоянстве и сосредоточенном терпении его ежечасных наблюдений. Как их обширность, так и их энтузиазм точно отражены в его различных трактатах. И все же одного можно простить ради другого, особенно если вспомнить, что он вычеркнул существенно новую линию, и это одна из главных линий будущего продвижения. Более того, его заразительное рвение передавалось само по себе; он подавал пример наблюдения в то время, когда в Германии почти не было наблюдателей; и под его крышей Хардинг и Бессель получили подготовку астрономов-практиков.

Но ему предстояло пережить тяжелые дни. В начале 1813 года французы под командованием Вандама заняли Бремен. В ночь на 20 апреля "Долина лилий" из-за их бессмысленного разрушения была опустошена огнем; правительственные учреждения были уничтожены, а вместе с ними и большая часть имущества Шретера, включая весь запас его книг и сочинений. Позади было еще хуже. Несколько дней спустя его обсерватория, избежавшая пожара, была взломана, разграблена и разрушена. Вместе с этим рухнула и его жизнь. Он пережил катастрофу три года, не имея ни средств на ремонт, ни сил забыть о ней, и постепенно погрузился от разочарования в упадок, завершившийся смертью 29 августа 1816 года. Он действительно выполнил всю работу, на которую был способен; и хотя она была не самого высокого качества, ее нельзя было назвать достойной презрения. Он заложил основы *сравнительного* изучения поверхности Луны, и кропотливо собранные им описания планет составили запас более или менее достоверной информации, почти не пополнявшийся в последующие полвека. Правда, они оставались под некоторой тенью сомнения; но самые последние наблюдения по ряду пунктов привели к восстановлению дискредитированного авторитета астронома Лилиентала. Теперь мы можем кратко возобновить ход его исследований и продолжить его в дальнейшем, расположив планеты в порядке их удаления от

солнца.

В апреле 1792 года Шретер увидел основания заключить, исходя из постепенного ослабления света на его частично освещенном диске, что Меркурий обладает достаточно плотной атмосферой. [796] Кроме того, во время прохождения 7 мая 1799 года он был поражен появлением кольца с ослабленной светимостью, окружающего планету на видимой высоте в три секунды, или примерно в четверть ее собственного диаметра. [797] Хотя по текстуре это была "простая мысль", она оставалась постоянно видимой как с семифутовыми, так и с тринадцатифутовыми отражателями мощностью до 288. У нее была четко выраженная сероватая граница, и она напомнила ему, хотя и бесконечно слабее, о полутени солнечного пятна. Подобный выступ был замечен Де Плантадом в Монпелье 11 ноября 1736 года, а затем в 1786 и 1789 годах Проспереном и Флаугергом; но Гершель 9 ноября 1802 года увидел, как предыдущий выступ планеты, спроецированный на солнце, разрезает светящиеся солнечные облака с самой совершенной четкостью. [798] Присутствие, однако, "гало" было безошибочно обнаружено в 1832 году, когда профессор Молл из Утрехта описал его как "туманное кольцо более темного оттенка, приближающегося к фиолетовому". [799] Опять же, к Хаггинсу и Стоуну, 5 ноября 1868 года, это проявилось как ясное и наиболее отчетливое. Никакое изменение цвета используемых очков или применяемой силы не могло избавиться от этого, и это продолжалось на протяжении всего пути. [800] В следующий раз его увидели Кристи и Данкин в Гринвиче 6 мая 1878 г., [801] и с большой точностью деталей Трувелотом в Кембридже (США). [802] Профессор Холден, с другой стороны, отметил в Гастингсе-на-Гудзоне полное отсутствие каких-либо аномальных проявлений. [803] И никакие их следы не могли быть замечены Барнардом в Лике 10 ноября 1894 года. [804] Различные эффекты облучения и дифракции, однако, наблюдались Лоуэллом и У. Х. Пикерингом во Флагстаффе; [805] и Дэвидсону отдали предпочтение в Сан-Франциско с проблесками исторического ореола, [806], а также центральное беловатое пятно, которое часто его сопровождает. В том, что и то, и другое каким-то образом относится к оптическому производству, вряд ли можно сомневаться.

У них ничего нельзя узнать о физическом состоянии планеты. Эйри показал, что рефракция в атмосфере Меркурия никак не могла вызвать отмеченный ореол, который, соответственно, должен быть отнесен к "строго главному нервному явлению". [807] Тем труднее избежать этого вывода, что мы находим, что

практически лишенная воздуха луна способна иметь подобный придаток. Профессор Стивен Александер из Службы наблюдения Соединенных Штатов вместе с двумя другими наблюдателями заметили, что во время солнечного затмения 18 июля 1860 года выступающий лунный край был окаймлен яркой полосой;<sup>[808]</sup> и фотографические эффекты того же рода проявляются на снимках транзитов Венеры и частичных солнечных затмений.

Спектроскоп дает мало информации о строении Ртути. Его свет, конечно, является светом отраженного солнца, и, следовательно, его спектр является слабым отголоском спектра Фраунгофера. Доктор Х. К. Фогель, который впервые исследовал его в апреле 1871 г., *заподозрил* следы воздействия атмосферы, подобной нашей;<sup>[809]</sup> но, казалось бы, на незначительных основаниях. Однако он, безусловно, очень беден голубыми лучами. Более определенные выводы были сделаны в 1874 году<sup>[810]</sup>, полученные Зеллером на основе фотометрических наблюдений фаз Меркурия. Аналогичное изучение растущей и убывающей луны позволило ему сделать любопытное открытие, что изменения освещенности в зависимости от фазы зависят от характера отражающей поверхности, подчиняясь совершенно разным законам на гладком однородном шаре и на неровном и гористом. Фазы Меркурия — насколько можно было определить только по двум наборам наблюдений — соответствуют последнему типу структуры. Строго аналогичные лунным, они, по-видимому, указывают на аналогичный способ формирования поверхности. Этот вывод был полностью подтвержден более обширными наблюдениями Мюллера в Потсдаме в 1885-1893 годах.<sup>[811]</sup> От них была получена практическая уверенность в том, что самая внутренняя планета покрыта грубой оболочкой из темных пород, поглощающих все, кроме 17 процентов. о свете, проливаемом на него яростным соседним солнцем. Другими словами, ее "альбедо" равно 0.17,<sup>[812]</sup> что в точности соответствует альбедо, приписываемому Луне. Из этих результатов почти неизбежно следовало отсутствие какой-либо заметной атмосферы Меркурия.

26 марта 1800 года Шретер, наблюдая с помощью своего 13-футового рефлектора за необычайно чистым небом, заметил, что южный рог полумесяца Меркурия довольно отчетливо притуплен.<sup>[813]</sup> Перехват солнечного света меркурианской горой высотой более одиннадцати английских миль, к его удовлетворению, объяснил этот эффект. Тщательно рассчитав время его повторения, он завершил вращение вокруг оси за период в 24 часа 4 минуты. Первое определение такого рода вознаградило

двадцать лет неослабевающей бдительности. Это получило очевидное подтверждение в последовательных появлениях темных полос и пятен в мае и июне 1801 года.[\[814\]](#) Однако было сделано предположение, что это не постоянные отметины на теле планеты, а атмосферные образования, полосы, временами дрейфующая вперед (как считалось) под изменчивым влиянием меркурианских бризов. На основе повторного обсуждения этих несколько сомнительных наблюдений Бессель сделал вывод, что Меркурий совершает оборот вокруг оси, наклоненной на  $70^\circ$  к плоскости его орбиты, за 24 часа 53 секунды.

Округлый вид южного рога, замеченный Шретером, был более или менее сомнительно зафиксирован Ноблом (1864), Бертоном и Фрэнксом (1877);[\[815\]](#) но был очевиден мистеру У. Ф. Деннингу в Бристоле утром 5 ноября 1882 г.[\[816\]](#) То, что южные полярные области обычно менее яркие, чем северные, хорошо установлено; но причина недостатка остается сомнительной. Если речь идет о неравномерностях поверхности, они должны быть значительного масштаба; и аналогичное объяснение можно дать деформациям "терминатора" — или разделительной линии между тьмой и светом в фазах планеты, - впервые замеченным Шретером и снова ясно увиденным Трувело в 1878 и 1881 годах.[\[817\]](#) Смещение в течение четырех дней определенных блестящих и темных пространств на диске указывало мистеру Деннингу на 1882 год вращение примерно за двадцать пять часов; в то время как общий вид планеты напоминал ему вид Марса.[\[818\]](#) Но трудности на пути его наблюдения чрезвычайно усиливаются из-за его постоянного пристального наблюдения за солнцем.

В своем длительном изучении свойств Меркурия у Шретера не было подражателей, пока Скиапарелли не взялся за эту задачу в Милане в 1882 году. Его наблюдения проводились при дневном свете. Было обнаружено, что высоко в небе, рядом с солнцем, можно увидеть гораздо больше и использовать большую силу увеличения, чем на малых высотах, в волнующемся воздухе утренних или вечерних сумерек. Последовало примечательное открытие.[\[819\]](#) Час за часом наблюдая за планетой, вместо обязательных кратких осмотров с интервалом примерно в день, как это делали предыдущие наблюдатели, было обнаружено, что едва различимые метки оставались четко зафиксированными, следовательно, период вращения вообще не был сопоставим с периодом вращения Земли. И после долгих и терпеливых наблюдений, наконец, был сделан вывод, что Меркурий поворачивается вокруг своей оси за то же время, которое необходимо для завершения оборота по своей орбите. Таким

образом, одно из его полушарий всегда обращено к солнцу, как одно из полушарий Луны к земле, в то время как другое никогда не выходит из-под его палящих лучей. Однако "либрации" Меркурия имеют больший масштаб, чем у Луны, потому что он движется по более эксцентричной траектории. Временное неравенство, возникающее между его "равномерным перемещением" по оси и его попеременно ускоряющимся и замедляющимся эллиптическим движением, фактически вызывает колебание взад и вперед границ света и тьмы на его земном шаре по дуге  $47^{\circ} 22'$  в течение его 88-дневного года. Таким образом, области вечного дня и вечной ночи разделены двумя сегментами, составляющими одну четвертую часть всей поверхности, где солнце восходит и заходит один раз в 88 дней. В остальном нет никаких отличий от интенсивного яркого света на одной стороне земного шара и ночной темноты на другой.

Скиапарелли внимательно изучил Меркурий в виде "пятнистого шара", окруженного достаточно плотной атмосферой. Коричневатые полосы, различимые на его розоватом диске и признанные постоянными, были положены в основу диаграммы. На самом деле они не всегда были видны одинаково хорошо. Они регулярно исчезали вблизи ветви и временами были скрыты, даже когда располагались в центре. Некоторые из них были отчетливо замечены Де Боллом в Боткампе в 1882 году.<sup>[820]</sup>

Мистер Лоуэлл последовал примеру Скиапарелли, наблюдая Меркурий в ярком полуденном свете. "Лучшее время для изучения его, - заметил он, - это когда в планетарных альманахах говорится "Меркурий невидим"." Замечательная серия рисунков, выполненных, некоторые во Флагстаффе в 1896 году, остальные в Мексике в 1897 году, послужили основанием для следующих, среди прочего, выводов.<sup>[821]</sup> Меркурий вращается синхронно со своим оборотом — то есть один раз в 88 дней — вокруг оси, разумно перпендикулярной плоскости его орбиты. Не видно никаких определенных признаков атмосферы Меркурия. Земной шар испещрен длинными узкими отметинами, которые можно объяснить как трещины при охлаждении. Это мертвый мир, и всегда им был. Более того, на основе микрометрических измерений были сделаны выводы о том, что масса планеты, вероятно, составляет примерно  $1/20$  массы Земли, в то время как ее средняя плотность значительно отстает от земного стандарта.

Теория движения Меркурия всегда вызывала проблемы. У Лаланда,<sup>[822]</sup> как и во времена Местлина, планета, казалось, существовала только для того, чтобы дискредитировать

астрономов; и даже мощному анализу Леверье она долго не поддавалась. Однако 12 сентября 1869 года он смог объявить перед Академией наук[823] условия компромисса между наблюдением и вычислениями. Они включали в себя добавление нового члена в солнечную систему. Было указано, что доселе непризнанное присутствие тела размером с сам Меркурий, вращающегося на расстоянии несколько меньшем половины своего среднего расстояния от Солнца (или, если дальше, то меньшей массы, и *наоборот*), произвело бы именно тот эффект, который требуется, - смещение перигелия бывшей планеты на 38 футов на столетие больше, чем можно было бы объяснить иным способом. Плоскости двух орбит, однако, не должны располагаться далеко друг от друга, так как в противном случае возникло бы узловое возмущение, которое не воспринималось бы как существующее. Было добавлено, что кольцо астероидов, расположенных аналогичным образом, одинаково хорошо отвечало бы поставленной цели и, скорее всего, осталось незамеченным.

Вслед за этим прогнозом незамедлительно последовало кажущееся подтверждение. Доктор Лескарбо, врач, проживающий в Оржере, чьи ограниченные возможности не притупили его надежд на достижения, с 1845 года, когда он стал свидетелем прохождения Меркурия, лелеял идею, что неизвестная планета может быть запечатлена таким образом спроецированной на фоне солнца. Не имея возможности вести непрерывные наблюдения до 1858 года, он 26 марта 1859 года увидел то, что ожидал, — небольшой идеально круглый объект, медленно пересекающий солнечный диск. Однако бесплодное ожидание повторного наблюдения феномена заставило его замолчать, и только 22 декабря, после того как до него дошли новости о предсказании Леверье, он написал, чтобы ознакомить его со своим предполагаемым открытием.[824] Императорский астроном вслед за этим поспешил в Оржер и путем личного осмотра используемого простого прибора, тщательного перекрестного допроса и опроса местных жителей убедился в подлинном характере и существенной точности сообщенного наблюдения. Он назвал новую планету "Вулкан" и вычислил элементы, дающие ей период обращения чуть меньше двадцати дней.[825] Но с тех пор его никто не видел. М. Лианс, директор службы обследования побережья Бразилии, счел себя вправе утверждать, что его никогда не видели. Наблюдая за солнцем в течение двенадцати минут после предполагаемого проникновения, зарегистрированного в Оржере, он отметил эти конкретные участки его поверхности как "равномерные по интенсивности".[826]

Впоследствии, однако, он признал добросовестность Лескарбо, которая поначалу была опрометчиво поставлена под сомнение. Доктор, искавший планету, был, по правде говоря, лишь одной из многих жертв подобных иллюзий.

Угасающий интерес к этой теме был возрожден новым сообщением о транзите, свидетелем которого, как утверждал Вебер, был Пекело 4 апреля 1876 года.<sup>[827]</sup> Псевдопланета, действительно, была обнаружена вскоре после этого на гринвичских фотографиях, и было установлено, что М. Вентоза видел ее в Мадриде в ее истинном виде солнечного пятна без полутени; но Леверье тем временем предпринял исследование списка из двадцати подобных сомнительных появлений, собранного Хаазе и переизданного Вольфом в 1872 году.<sup>[828]</sup> Из них были выбраны пять, которые, по всей вероятности, относятся к одному и тому же телу, реальность существования которого теперь была уверенно подтверждена, и более или менее вероятные транзиты которого были зафиксированы на 22 марта 1877 года и 15 октября 1882 года.<sup>[829]</sup> Но, несмотря на всеобщую бдительность, ни в ту, ни в другую эпоху в поле зрения не попадалось ни одного подозрительного объекта.

Следующее объявление об открытии "Вулкана" было сделано по случаю полного солнечного затмения 29 июля 1878 года.<sup>[830]</sup> На этот раз было заявлено, что он был замечен на некотором расстоянии к юго-западу от затемненного солнца в виде красноватой звезды с крошечным планетарным диском; и его одновременное обнаружение двумя наблюдателями — покойным профессором Джеймсом К. Уотсоном, работавшим в Роулинсе (территория Вайоминг), и профессором Льюисом Свифтом в Денвере (Колорадо) — поначалу было с готовностью признано. Но их отдельные наблюдения при ближайшем рассмотрении никоим образом не могли быть приведены к гармонии и, если они были верны, определенно относились к двум различным объектам, если не к четырем; каждый астроном в конечном итоге претендовал на пару планет. Также ни один из четырех не мог быть отождествлен с Вулканом Лескарбо и Леверье, который, если это существенное тело, вращающееся вокруг солнца, должен был быть найден на *восточной* стороне этого светила.<sup>[831]</sup> Наиболее вероятным объяснением головоломки, по-видимому, является то, что Уотсон и Свифт просто увидели в Раке одни и те же две звезды: спешка и волнение довершили остальное.<sup>[832]</sup> Тем не менее, они упорно отстаивали свою противоположную убежденность.<sup>[833]</sup>



С тех пор, когда появилась возможность полного затмения, были проведены тщательные поиски планет, расположенных внутри Меркурия, особенно во время длительного затемнения на острове Кэролайн. Профессор Холден не только "прочесал" окрестности Солнца, но и Палиса и Трувело согласились разделить поле исследований и таким образом убедиться в том, что любая планетарная добыча может оказаться в пределах досягаемости, но только с отрицательными результатами. Фотографические исследования во время недавних затмений были столь же бесплодными. Вера в присутствие какого-либо значительного тела или тел в пределах орбиты Меркурия, соответственно, находится на спаде. Однако дальнейшие исследования лишь укрепили уверенность в существовании аномалии в движениях Меркурия, на которую указал Леверье.[834] Ее выяснение представляет собой одну из "нерешенных проблем" астрономии.

Наблюдая в Болонье в 1666-67 годах несколько очень слабых пятен, Доменико Кассини пришел к выводу о вращении или либрации Венеры — он не был уверен, о какой именно, — примерно за двадцать три часа.[835] Бьянчини в 1726 году увеличил период до двадцати четырех *дней* восьми часов. Дж. Дж. Кассини, однако, в 1740 году показал, что данные, собранные обоими наблюдателями, согласуются с вращением за двадцать три часа двадцать минут.[836] Таким образом, дело оставалось до времени Шретера. После напрасных наблюдений в течение девяти лет он, наконец, 28 февраля 1788 года, заметил, что обычно однородная яркость диска планеты была подернута пленкой, которая периодически возвращалась в то же положение примерно через двадцать три часа двадцать восемь минут. Эта приблизительная оценка была скорректирована путем применения более определенного критерия. 28 декабря 1789 года южный рог полумесяца Венеры был замечен усеченным, отдаленной светлой точкой, прерывающей темноту за ним. Точно такое же явление повторилось два года спустя, что дало период вращения планеты в 23 часа 21 минуту.[837] К этому Де Вико добавил всего двадцать две секунды в результате более 10 000 наблюдений, сделанных с помощью рефрактора Кошуа Романо-Коллежио, 1839-41.[838] Было обнаружено, что ось вращения гораздо более наклонена к плоскости орбиты, чем у земли, экватор составляет с ней угол  $53^{\circ} 11'$ .

Эти выводы, правда, вызвали большое недоверие, следовательно, не было никаких общепринятых идей по этому



вопросу, которые можно было бы опровергнуть. Тем не менее, заявление Скиапарелли, сделанное в начале 1890 года, вызвало шок удивления[839], что Венера, скорее всего, вращается по принципу, только что приписанному Меркурию. Непрерывный ряд наблюдений с ноября 1877 по февраль 1878 года с их записями более чем на сотне рисунков снабдил его основной частью данных, на которых он основывал свои выводы. Они, безусловно, казались исключительно обоснованными; и сомнения, возникшие при их первоначальной квалификации, были устранены новой серией определений в июле 1895 года.[840] Большинство наблюдателей в своих попытках установить период вращения Венеры полагались на мимолетные тени, скорее всего атмосферного происхождения, которые изо дня в день едва различимы. Скиапарелли сосредоточил свое внимание на круглых, четко очерченных, блестяще белых пятнах, присутствие которых вблизи остриев освещенного полумесяца засвидетельствовано почти два столетия назад. Его постоянное наблюдение за ними показало неизменность их положения по отношению к терминатору; и это все равно что сказать, что области дня и ночи на поверхности планеты не меняются. Другими словами, она всегда смотрит одним и тем же лицом к солнцу. Более того, поскольку ее орбита почти круговая, либрационный эффект очень мал. Фактически они составляют лишь одну тридцатую от тех, которые служат для изменения резких контрастов климата на Меркурии.

Подтверждающих доказательств результата Скиапарелли для Венеры недостаточно. Таким образом, наблюдения, несовместимые с высокой скоростью вращения, были сделаны в Боткампе в 1871 году Фогелем и Лозе;[841] и рисунок, выполненный профессором Холденом с большим вашингтонским отражателем 15 декабря 1877 года, показывают те же отметки на позициях, зафиксированных в Милане, которые были заняты ими восемь часов ранее. Кроме того, серия наблюдений, проведенных М. Перротеном в Ницце с 15 мая по 4 октября 1890 г. и с горы Мунье в 1895-6 гг., со специальной целью проверки вывода о синхронном вращении, убедительно подтвердила это. [842] Замечательная коллекция рисунков, сделанных мистером Лоуэллом в 1896 году, оказалась решающей в его пользу;[843] Таккини в Риме,[844] Маскари в Катании и Этне,[845] Черулли в Терано,[846] получены в 1892-6 годах доказательства, аналогичные по смыслу. С другой стороны, Нистен из Брюсселя нашел причину вернуться к отброшенным элементам Вико для

вращения планеты;[847] и Трувело,[848] Стэнли Уильямс,[849] Виллигер,[850] и Лео Бреннер,[851] пока что с ним согласились в том, чтобы установить период примерно в двадцать четыре часа. Наконец, Э. Фон Оппольцер предложил обратиться к спектроскопу;[852] и Белопольский получили в 1900 г.[853] спектрограммы, очевидно, отмеченные незначительные перемещения, соответствующие высокой скорости осевого перемещения. Но они, по общему признанию, были взяты только в качестве эксперимента с неподходящим оборудованием; и желательной проверки их предполагаемого значения пока не предвидится. До тех пор, пока это не произойдет, Скиапарелли должен продержаться на поле 225 дней.

Эффекты, приписываемые большим различиям в уровне поверхности Венеры, поразили многих наблюдателей. Франческо Фонтана в Неаполе в 1643 году заметил неровности вдоль внутреннего края полумесяца.[854] Лахир в 1700 году счел их — учитывая разницу в расстоянии — гораздо более заметными, чем те, что видны на Луне.[855] Утверждения Шретера о том же эффекте, хотя и опровергнутые с некоторой излишней горячностью Гершелем,[856] с тех пор неоднократно подтверждались; среди прочих работы Мэдлера, Де Вико, Лэнгдона, которые в 1873 году с особой отчетливостью увидели ломаную линию терминатора сквозь пелену полярных сияний; [857] Деннинга.[858] 30 марта 1881 г., несмотря на предварительные впечатления об обратном, а также от К. В. Зенгера в Праге 8 января 1883 г. Огромный горный массив, который, как предполагалось, вызывал периодическое притупление южного рога, по приблизительным оценкам наблюдателя Лилиенталя, поднялся на огромную высоту почти в двадцать семь миль, или всего в пять раз превышающую высоту Эвереста! И все же феномен сохраняется, что бы ни думали о его объяснении. Более того, пятнышко света за ним, интерпретируемое как видимый признак отдельно стоящего пика, поднимающегося достаточно высоко над окружающей тенью, чтобы ловить первые и последние лучи солнца, часто замечал барон Ван Эртборн в 1876 году;[859] в то время как объект возле северного рога полумесяца, сильно напоминающий гору-кольцо на луне, был очерчен обоими исследователями. Вико в 1841 году и Деннингом сорок лет спустя.

Мы почти в равной степени уверены, что Венера, как и земля, окружена атмосферой. И все же, несмотря на светящиеся явления, явно вызванные преломлением света во время транзитов 1761 и 1769 годов, Шретер в 1792 году взял на себя

инициативу прийти к определенному заключению по этому вопросу.[860] Это было основано, во-первых, на быстром уменьшении яркости по направлению к терминатору, приписываемом атмосферному поглощению; затем, на расширении за пределы полукруга рогов полумесяца; наконец, на присутствии голубоватого отблеска, освещающего ранние часы киферийской ночи тем, что было принято за настоящие сумерки. Даже Гершель признавал, что солнечный свет, благодаря тому же эффекту, благодаря которому небесные тела *видны над* нашими горизонтами, оставаясь *геометрически ниже* них, кажется, изгибается вокруг плеча шара Венеры. С тех пор этому факту было предоставлено достаточно подтверждений. В Дерпте в мае 1849 г., когда планета находилась в пределах  $3^{\circ} 26'$  от нижнего соединения, Медлер обнаружил, что рукава убывающего света на диске охватывают не менее  $240^{\circ}$  его протяженности:[861] а в декабре 1842 г. м-р Гатри из Берви, Северная Каролина, действительно наблюдал, при аналогичных условиях, всю окружность, равную освещенный слабым туманным сиянием.[862] То же любопытное явление периодически наблюдал мистер Лисон Принс в Акфилде в сентябре 1861 г.:[863] но с более удовлетворительной отчетливостью мистером К. С. Лайманом из Йельский колледж,[864] до и после соединения 11 декабря 1866 года и в течение почти пяти часов, предшествовавших переходу 1874 года, когда желтоватое кольцо преломленного света показало в какой-то момент приближение прерывания, возможно, из-за вмешательства гряды облаков. И снова, 2 декабря 1898 года, когда Венера находилась на расстоянии  $1^{\circ} 45'$  от центра солнца, мистер Х. Н. Рассел из обсерватории Холстед обнаружил слияние острых точек и на основе наблюдения провел ценное обсуждение таких эффектов.[865] Принимая во внимание определенные особенности в случае, оставленные незамеченными Нейсоном[866] и Проктором,[867] из них он сделал вывод о присутствии атмосферы Китеры значительно меньше, чем в других местах. более преломляющий, чем наш собственный, хотя, возможно, в его нижних слоях он покрыт пылью или дымкой.

Подобные проявления бросаются в глаза во время транзитов. Но в то время как меркурианское гало обычно наблюдается на солнце, "серебряная нить" вокруг конечности Венеры обычно видна со стороны, *удаленной* от солнца. Есть, однако, примеры каждого описания в обоих случаях. Г-н Грант, собирая записи о физических явлениях, сопровождавших транзиты 1761 и 1769 годов, отмечает, что ни один человек не видел оба вида кольцевого пространства, и утверждает о различии в их

соответствующих способах производства.[868] Такое различие, вероятно, существует в том смысле, что внутренняя секция кольца иллюзорна, а внешняя - подлинный результат изгиба света в газовой оболочке; но недавний опыт не подтвердил различие в раздельной видимости. Несколько австралийских наблюдателей во время транзита в 1874 году стали свидетелями всего этого явления. Макдоннелл в Эдеме увидел "темное туманное кольцо", окружавшее весь диск, когда вход был выполнен на две трети; мистер Торнаги в Гоулберне увидел ореол, полный и безошибочный, на половине выхода.[869] Аналогичные наблюдения были сделаны в Сиднее,[870] и были возобновлены в 1882 году Лескарбо в Оргере, Метцгером на Яве и Барнардом в Университете Вандербильта .[871]

Спектроскопические признаки присутствия водяного пара в атмосфере Венеры были получены в 1874 и 1882 годах Таккини и Рикко в Италии и Янгом в Нью-Джерси.[872] Янссен, однако, который провел специальное исследование точки после транзита 1882 года, нашел их гораздо менее достоверными, чем он ожидал;[873] Janssen и Фогель путем повторных исследований в 1871-73 годах смогли обнаружить лишь самые незначительные отклонения от структуры солнечного спектра. Некоторые дополнения там действительно, по-видимому, заключаются в утолщении нескольких линий подачи воды и кислорода; но они настолько мимолетны, что наводят на мысль, что большая часть света, который мы получаем от Венеры, прошла только через разреженную верхнюю часть ее атмосферы.[874] Это отражено, во всяком случае, со сравнительно небольшим уменьшением. 26 и 27 сентября 1878 года близкое совпадение дало мистеру Джеймсу Нэсмиту редкую возможность наблюдать Венеру и Меркурий в течение нескольких часов бок о бок в поле своего рефлектора; когда первая показалась ему чистым серебром, вторая - тусклой, как свинец или цинк.[875] Однако свет, *падающий* на Меркурий, в среднем в три с половиной раза сильнее света, достигающего Венеры. Таким образом, отражающая способность Венеры должна быть необычайно сильной. И мы находим, соответственно, из комбинации результатов Зеллнера и Мюллера, что его альбеда лишь немногим уступает альбеда свежеснежного покрова; другими словами, оно возвращает 77 процентов. о падающих на него светящихся лучах.

Это необычайное сияние было бы объяснимо, если бы было допустимо предположить, что мы не видим ничего на планете, кроме плотного полого облаков. Но эта гипотеза опровергается

наблюдениями Флагстаффа и несовместима с видимостью горных возвышенностей и постоянной разметкой поверхности. Для мистера Лоуэлла они были настолько отчетливыми и неизменными, что могли предоставить данные для карты китерийского глобуса, и особое расположение расходящихся штриховок, представленное на ней, нельзя сразу назвать нереальным, принимая во внимание более раннее обнаружение Перротеном аналогичных линейных следов. "Снежные шапки" Грюйтхейзена,[876] однако - можно с уверенностью сказать — не существуют как таковые; хотя сияющие области вблизи полюсов образуют хорошо засвидетельствованную черту странного китерийского ландшафта.

"Вторичный", или "пепельный свет" Венеры был впервые замечен Риччоли в 1643 году; его видел Дерхэм около 1715 года, Кирх в 1721 году, Шретер и Хардинг в 1806 году;[877] и реальность появления с тех пор была подтверждена многочисленными и заслуживающими доверия наблюдениями. Это в точности похоже на "старую луну в объятиях новой луны"; и Зенгер, который наблюдал это с необычной отчетливостью 8 января 1883 г.,[878] предполагает, что это связано с той же причиной, а именно со слабым отблеском отраженного земным светом с ночной стороны планеты. Однако, когда мы вспоминаем, что "полный земной свет" на ближайшей к нам Венере имеет интенсивность немногим более  $1/12000$  от интенсивности на Луне, мы сразу видим, что это объяснение неадекватно. Также не может быть,[879] по флуоресценции теплых и изобилующих океанов, которыми Зеллнер[880] считал, что шар Венеры в основном покрыт серьезно развлекался. Предположение Фогеля более правдоподобно. Он и О. Лозе в Боткампе с 3 по 11 ноября 1871 г. увидели темное полушарие, *частично* освещенное вторичным светом, простирающееся на  $30^\circ$  от терминатора, и подумали, что эффект может быть вызван очень густыми сумерками.[881] Другие прибегали к аналогии с нашим полярным сиянием, а Дж. Лэмп предположил, что сероватый отблеск, видимый им в Боткампе 21 и 26 октября 1887 г.,[882] может сопровождать электрические процессы, связанные с метеорологией планеты. Каким бы ни было происхождение этого явления, в окутанном ночью полушарии оно может послужить для некоторого рассеивания густой темноты, которую иначе нарушал бы только "бледный свет звезд".

Когда-то предполагалось, что у Венеры есть спутник. Но вера в его существование угасла. Действительно, за последние 125 лет никто не видел даже обманчивого проблеска такого объекта. Тем

не менее, его неоднократно и, как можно было бы подумать, хорошо наблюдали в семнадцатом и восемнадцатом веках. Фонтана "открыл" его в 1645 году; Кассини — адепт в искусстве наблюдения — признал его в 1672 году и снова в 1686 году; Шорт наблюдал за ним в течение целого часа в 1740 году с помощью различных инструментальных средств; Тобиас Майер в 1759 году, Монтень в 1761 году; несколько астрономов в Копенгагене в марте 1764 года отметили то, что они считали его безошибочным присутствием; как и Хорребоу в 1768 году. Но М. Пол Стробант, [883] который в 1887 году представил все доступные данные по этому предмету для тщательного изучения, идентифицировал спутник Хорребоу с  $\theta$  Libra, звездой пятой величины; и несколько других видений были, по его мнению, объяснены аналогичным образом. Тем не менее, некоторые из них выдержали все попытки объяснить их и вместе образуют наиболее любопытный случай иллюзии. Ибо совершенно очевидно, что у Венеры нет такого заметного спутника.

Третья планета, встречающаяся при удалении от солнца, является обителью человека. Как следствие, у него есть возможности для изучения его физических особенностей, совершенно отличных от того сбивающего с толку представления, которое он получил о других членах солнечной семьи.

Итак, что касается земли, то была накоплена масса знаний, настолько разнообразных и всеобъемлющих, что они образовали отдельную науку — или, скорее, несколько наук — друг от друга. Но в основе всего лежат астрономические связи, признание и исследование которых составляют одно из самых значительных интеллектуальных событий нынешнего столетия.

Действительно, далеко не просто провести логическую грань между элементами знания, которым здесь подобает место, и теми, которые следует оставить историку геологии. Однако есть некоторые, космические связи которых настолько тесны, что их невозможно не заметить. Среди них - установление плотности земного шара. На первый взгляд кажется трудным понять, какое отношение видимое положение звезд может иметь к подземным условиям; тем не менее, только на основании измерений звезд Хопкинс в 1839 году пришел к выводу, что земля является твердой на глубине по меньшей мере 800-1000 миль.[884] Его аргумент заключался в том, что если бы это была простая

оболочка, заполненная жидкостью, то прецессия и нутация были бы намного больше, чем они наблюдаются. Ибо только раковина следовала бы за притяжением солнца и луны на своем экваториальном поясе, оставляя жидкость позади; и, будучи, таким образом, намного легче, она перемещалась бы легче. Действительно, есть серьезные основания сомневаться в том, соответствует ли это рассуждение фактическим фактам дела;<sup>[885]</sup> но вывод, к которому оно привело, был подтвержден и расширенным образом.

Указания на идентичный смысл были получены из другого вида внешних возмущений, воздействующих на наш земной шар через те же самые посредники. Лорд Кельвин (тогда сэр Уильям Томсон) указал в 1862 г.<sup>[886]</sup> что приливные воздействия проявляются как на суше, так и на воде, хотя подчинение им заметно только в подвижной стихии. Однако некоторое телесное искажение формы земли *должно* иметь место, если только мы не предполагаем, что она обладает абсолютной или "сверхъестественной" жесткостью, и степень такого искажения может быть определена по ее эффекту уменьшения океанических приливов ниже их расчетного значения. Ибо, если бы земля была идеально пластичной к нагрузкам солнечной и лунной гравитации, приливов — в обычном смысле - не существовало бы. Континенты и океаны вздувались бы и опадали вместе. Именно из-за *заразницы* в поведении твердых и жидких компонентов суши происходят приливы и отливы вод.

Шесть лет спустя выдающийся профессор из Глазго предположил, что этот критерий может быть с помощью продолжительной серии точных наблюдений за приливами практически применен для проверки внутреннего состояния нашей планеты.<sup>[887]</sup> Соответственно, в 1882 году, когда наконец стали доступны подходящие данные за тридцать три года, г-н Г. Х. Дарвин выполнил трудоемкую задачу их анализа с общим результатом, что "эффективная жесткость" массы земли должна быть *по крайней мере* такой же большой, как у стали.<sup>[888]</sup>

Недавно этот вывод был подтвержден с неожиданной стороны. Вопрос о возможной подвижности оси вращения Земли часто обсуждался. Теперь, наконец, он получил утвердительный ответ. Доктор Кюстнер обнаружил в своих наблюдениях 1884-85 годов эффекты, по-видимому, возникающие из-за незначительного изменения широты Берлина. После того как в 1888 году этот вопрос был вынесен на рассмотрение Международной геодезической ассоциации, в Берлине, Потсдаме, Праге и Страсбурге были начаты специальные наблюдения, результатом



которых стало наглядное представление о синхронных и, по-видимому, периодических колебаниях широты до половины угловой секунды. Реальность этих изменений была подтверждена экспедицией в Гонолулу в 1891-92 годах, причем изменения там были обратно пропорциональны тем, которые одновременно были обнаружены в Европе.[889] Их характер был полностью определен обсуждением мистера С. К. Чандлера в октябре 1891 года.[890] Он показал, что их можно объяснить, предположив, что полюс земли описывает окружность радиусом тридцать футов за четырнадцать месяцев. Подтверждение этой гипотезы было найдено доктором Б. А. Гулдом в наблюдениях Кордовы,[891] и оно было подкреплено физической основой благодаря умелому сотрудничеству профессора Ньюкомба.[892] Земля, благодаря своей эллипсоидной форме, должна, помимо возмущения, вращаться вокруг своей "оси фигуры", или кратчайшего диаметра; поскольку только таким образом центробежные силы, создаваемые ее вращением, могут уравнивать друг друга. Временные причины, однако, такие как обильные снегопады или дожди, ограниченные одной континентальной областью, смещение ледяных масс, даже движения ветров, могут сделать земной шар слегка кривобоим и, таким образом, вынудить его отклониться от своей нормальной оси и вращаться по другой, несколько отклоняющейся от нее. Эта "мгновенная ось" (поскольку она непрерывно меняется) должна, согласно математической теории, вращаться вокруг оси фигуры за период в 306 дней. При условии, что, так сказать, земля была абсолютно твердым телом. Но это далеко не так; он чувствительно поддается любому напряжению, оказываемому на него; и это податливость имеет тенденцию увеличивать время обращения смещенного полюса. Таким образом, продолжительность его периода служит своего рода мерой пластичности земного шара; которая, согласно независимым расчетам Ньюкомба и С. С. Хафа,[893], кажется, немного меньше, чем у стали. В земле, спрессованной из стали, мгновенная ось совершила бы оборот за 441 день; на реальной земле этот процесс завершается за 428 дней. Соответственно, этот новый путь привел астрономов к оценке плотности нашего земного шара, идентичной оценке, полученной в результате исследований приливов.

Колебания широты по своей сути сложны. Чтобы произвести их, должно действовать неисчислимое взаимодействие причин, каждая из которых имеет свой период и закон действия.[894] Таким образом, все элементы явления находятся в постоянном движении,[895] и поглощают для своего постоянного переопределения напряженный и совместный труд многих



астрономов. И эта проблема не является излишней. Какими бы незначительными они ни были, смещения полюса угрожают самим основам точной астрономической науки; пренебрежение ими сделало бы всю структуру небезопасной. Только в начале нынешнего столетия они достигли прогнозируемого минимума, но ожидается, что после 1902 года их ареал снова увеличится. Интересное предположение было сделано м-ром Дж. Халмом о том, что на такие колебания каким-то неясным образом влияют изменения солнечной активности и, подобно им, соответствуют одиннадцатилетнему циклу.[896]

В документе, зачитанном перед Геологическим обществом 15 декабря 1830 г.,[897] Сэр Джон Гершель выдвинул идею о том, что вызывающие недоумение изменения климата, выявленные геологическими данными, могут быть объяснены определенными медленными колебаниями эксцентриситета орбиты Земли, вызванными возмущающим действием других планет. Вскоре после этого, однако, он отказался от должности как несостоятельный;[898] и в 1864 году покойному доктору Джеймсу Кроллу было предоставлено вновь занять эту должность[899] и в последующие годы и укрепите его. В ограниченных пределах (как доказали Лагранж и, что более определенно, Леверье) путь, по которому движется наша планета вокруг Солнца, с течением веков попеременно сужается, образуя умеренный эллипс, и расширяется почти до окружности, при этом большая ось и, следовательно, среднее расстояние остаются неизменными. Даже в настоящее время, когда эксцентриситет приближается к минимуму, солнце в январе ближе к нам, чем в июле, более чем на три миллиона миль, а около 850 000 лет назад эта разница была более чем в четыре раза больше. Доктор Кролл собрал воедино[900] массу свидетельств в поддержку точки зрения, что в эпохи значительного эксцентриситета полушарие, зима в афелии которого была одновременно интенсивной и продолжительной, должно было подвергаться обширному оледенению; в то время как противоположное полушарие с короткой, мягкой зимой и долгим, прохладным летом наслаждалось приближением многолетней весны. По прошествии 10 500 лет эти условия полностью изменились в результате смещения перигелия в сочетании с прецессией равноденствий, замерзшее полушарие расцвело пышным садом, поскольку времена года наступили в противоположных точках земной орбиты, а весеннее полушарие одновременно погрузилось в суровость, скованную льдом.[901] Таким образом, было предложено правдоподобное объяснение аномального чередования ледниковых и субтропических периодов, которые, согласно неопровержимым геологическим

свидетельствам, сменяли друг друга в прошлом на территории нынешних регионов с умеренным климатом. Они сменяли друг друга, это правда, с гораздо меньшей частотой и регулярностью, чем требовала теория; но это расхождение было упущено из виду или сглажено. Самая последняя ледниковая эпоха была установлена доктором Кроллом около 200 000 лет назад, когда эксцентриситет земной орбиты был в 3-4 раза больше, чем сейчас. В настоящее время слабое представление о таком положении вещей дает южное полушарие. Одно условие оледенения, заключающееся в совпадении зимы с максимальной удаленностью от солнца, присутствует; другое - высокий эксцентриситет — является недостаточным. Однако хорошо известно, что кольцо скованной льдом территории, окаймляющее южный полюс, гораздо более обширно, чем соответствующий регион на севере.

Проверка этой остроумной гипотезы зависит от множества сложных метеорологических условий, некоторые из которых были негативно истолкованы компетентными органами.<sup>[902]</sup> Что еще более серьезно, его принятию, по-видимому, препятствуют временные соотношения простого рода. Доктор Райт<sup>[903]</sup> с некоторой долей уверенности установил, что ледниковый период прекратился в Канаде и Соединенных Штатах примерно десять или двенадцать тысяч лет назад. Эрозионное воздействие Ниагарского водопада позволяет использовать его в качестве клепсидры, или водяных часов большого масштаба; и их хронологические указания были полностью подтверждены в других местах на том же континенте. Астрономический ледниковый период, однако, должен был быть гораздо более древним. Сопоставление фактов с теорией представляется невозможным.

Первой попыткой экспериментальной оценки "средней плотности" земли было наблюдение Маскелайном в 1774 году отклонения отвеса из-за притяжения Шахаллиена. Отсюда следует вывод, что наш земной шар весит в  $4\frac{1}{2}$  раза больше, чем равный объем воды,<sup>[904]</sup> была не очень точной. Он был значительно усовершенствован Кавендишем, который в 1798 году ввел в употребление "торсионные весы", сконструированные для той же цели Джоном Мичеллом. Полученная оценка в  $5 \cdot 48$  была увеличена до  $5 \cdot 66$  благодаря тщательному повторению Фрэнсисом Бейли этого процесса в 1838-42 годах. Из экспериментов по этому предмету, проведенных в 1872-73 годах Корню и Байлем, было получено несколько меньшее значение  $5\cdot56$ ; и далее было показано, что данные, собранные Бейли, с

поправкой на систематическую ошибку, дали практически тот же результат (5·55).[905] М. Уилсинг из 5·58, полученный в Потсдаме в 1889 году,[906] почти согласен с этим; в то время как профессор Пойнтинг, используя общий баланс, пришел к средня земная плотность 5·49.[907] Затем профессор Бойз приступил к работе с изысканным прибором, в котором кварцевое волокно выполняло функции торсионного стержня; и цифра 5·53, определенная им и точно подтвержденная исследованиями доктора Брауна в Мариашейне, Богемия, в 1896 году,[908] может называться стандартным значением требуемой базовой величины. Таким образом, предположение Ньютона о том, что средний вес земли в пять или шесть раз больше веса воды, было любопытным образом подтверждено.

Операции по определению фигуры земли проводились в течение последнего столетия в беспрецедентных масштабах. Русско-скандинавская дуга, измерение которой было завершено под руководством Струве-старшего в 1855 году, простиралась от Хаммерфеста до Исмаилии на Дунае, протяженностью 25° 20' с.ш. Но немногим уступала ей индийская дуга, начатая Лэмбтоном в первые годы столетия, продолженная Эверестом, пересмотренная и расширенная Уокером. Оба были превзойдены по компасу англо-французской дугой, охватывающей 28 °; и значительные отрезки меридианов у атлантического и тихоокеанского берегов Северной Америки были измерены под эгидой Службы береговой охраны Соединенных Штатов. Но эти операции отступают на второй план по сравнению с грандиозной схемой сэра Дэвида Гилла по объединению двух полушарий непрерывной сетью триангуляции. История геодезии в Южной Африке началась с измерений Лакайля в 1752 году. Они были повторены и расширены сэром Томасом Макклиром в 1841-48 годах; и его выводы подготовили почву для полного обследования Капской колонии и Наталя, выполненного в течение десяти лет 1883-92 полковником Моррисом, Р.Е., под руководством сэра Дэвида Гилла.[909] Впоследствии в работу были включены Бечуаналенд и Родезия; и Королевский астроном в 1900 году заручился поддержкой Международной геодезической ассоциации в распространении его действия на устье Нила. И это не было пределом его замысла. Проводя съемку вдоль побережья Левантии, можно установить связь с системой Струве, и соединенным африканской и европейской дугам будет придана великолепная амплитуда в 105°. Тем временем французы предприняли повторные измерения перуанской дуги Бугера, и соответствующая российско-шведская[910] предприятие продвигается на Шпицбергене; так что вскоре будут

предоставлены обильные материалы для новых исследований формы и размера нашей планеты. О незначительности сохраняющейся неопределенности можно судить, сравнив[911] с[912] результаты, опубликованные в том же году (1878). В листинге указаны размеры земного сфероида следующим образом: Экваториальный радиус = 3960 миль; полярный радиус = 3947 миль; эллиптичность =  $1/288 \cdot 5$ . Соответствующие цифры Кларка были: 3963 и 3950 миль, что дает эллиптичность  $1/293 \cdot 5$ . Значение последней доли в настоящее время общепринято равным  $1/292$ ; то есть толщина выступающего экваториального кольца считается равной  $1/292$  экваториального радиуса. Из астрономических соображений, это правда, Ньюкомб оценил соотношение в  $1/308$ ;[\[913\]](#) но для получения этих конкретных данных, несомненно, предпочтительнее геодезические методы.

Луна представляет для нас уникальный интерес. По всей вероятности, она участвовала в происхождении земли; возможно, она прообразила ее распад. В настоящее время она является ее попечителем и спутницей. Ее существование, насколько мы можем видеть, не служит никакой другой цели, кроме как рассеивать тьму земных ночей и измерять быстро повторяющимися и бросающимися в глаза изменениями внешнего вида длительный промежуток земного времени. Расспросы, вызванные видимой зависимостью и подкрепленные относительно близким соседством, привели к удивительно подробному знакомству с особенностями единственного лунного полушария, открытого для нашего обозрения.

Селенографии в современном смысле этого слова немногим более ста лет. Она возникла с публикацией в 1791 году *фрагмента селено топографии Шретера*.[\[914\]](#) Нет, но лунная поверхность уже была тщательно изучена, главным образом Гевелием, Кассини, Риччоли и Тобиасом Майером; идея, однако, исследовать физическое состояние Луны и выявлять симптомы активности там природных сил посредством тщательного топографического исследования, впервые получила эффект в Лилиентале. Соответственно, схемы Шретера, какими бы несовершенными они ни были, послужили отправной точкой для *сравнительного* изучения поверхностных особенностей нашего спутника.

Первый из любопытных объектов, которые он назвал "ручейками", был замечен им в 1787 году. До 1801 года он нашел одиннадцать; Лорман добавил 75; Медлер 55; Шмидт опубликовал в 1866 году каталог из 425, из которых 278 были обнаружены им самим;<sup>[915]</sup> и в конечном итоге он довел их число почти до 1000. Таким образом, они являются очень стойкой лунной особенностью, хотя и не имеют земного аналога. Нет расхождений во мнениях относительно их природы. Совершенно очевидно, что они представляют собой расщелины в скалистой поверхности глубиной от 100 до 500 ярдов, обычно пару миль в поперечнике, и ведут прямыми, изогнутыми или разветвляющимися путями длиной до 150 миль. Что касается их происхождения, наиболее вероятной точкой зрения является то, что это трещины, образовавшиеся при охлаждении; но Нейсон склонен рассматривать их скорее как высохшие водотоки.<sup>[916]</sup>

24 февраля 1792 года Шретер заметил то, что он принял за отчетливые следы лунных сумерек, и продолжал наблюдать их в течение девяти лет подряд.<sup>[917]</sup> Они указывали, по его мнению, на наличие неглубокой атмосферы, примерно в 29 раз более разреженной, чем наша собственная. Бессель, с другой стороны, считал, что единственный способ "спасти" лунную атмосферу - это лишить ее какой-либо преломляющей способности, а резкость и внезапность затенения звезд сводит на нет возможность газообразного окружения большей плотности (допуская крайнее предположение), чем  $1/500$  плотности земного воздуха.<sup>[918]</sup> Ньюкомб устанавливает максимальное значение в  $1/400$ . Сэр Джон Гершель пришел к выводу, что "на краю Луны нет никакой атмосферы, плотность которой составляет  $1/1980$  часть плотности атмосферы Земли".<sup>[919]</sup>

Это решение было полностью подтверждено спектроскопическим наблюдением сэра Уильяма Хаггинса за исчезновением маленькой звезды  $\epsilon$  Рыбы за окончательностью Луны 4 января 1865 года.<sup>[920]</sup> Не было заметно ни малейших признаков избирательного поглощения или неодинакового преломления. Весь спектр сразу погас, как будто на него внезапно опустили предметное стекло. Спектроскоп неизменно рассказывал одну и ту же историю; поскольку наблюдение М. Толлоном во время полного солнечного затмения в Сохаге предполагаемого утолщения на краю Луны и определенных темных линий в солнечном спектре теперь признано иллюзорным. Лунный свет, проанализированный с помощью призмы, оказывается чистым отраженным солнечным светом, уменьшенным в *количестве* из-за низкой отражающей способности лунной поверхности менее чем

до одной пятой интенсивности падающего света, но совершенно неизменным *покачеству*.

Тем не менее, диаметр Луны, судя по гринвичским наблюдениям, обсуждавшимся Эйри в 1865 году,[921] на 4 фута меньше, чем при прямом измерении; и эффект можно было бы объяснить преломлением в лунной атмосфере, в 2000 раз более тонкой, чем наша, на уровне моря. Но разница, вероятно, была иллюзорной. Частично, если не полностью, она была результатом визуального увеличения при облучении ярким диском Луны. Профессор Комсток, используя 16-дюймовый экваториальный телескоп Кларка обсерватории Уошберн, обнаружил в 1897 году, что рефракционные смещения скрытых звезд настолько незначительны, что исключают существование постоянной лунной атмосферы плотностью гораздо более  $1/5000$  плотности земной оболочки.[922] Однако была допущена возможность того, что на освещенной стороне Луны временные выделения водяного пара могут возникать из слоев льда, испаренных солнечным теплом. Тем временем новые свидетельства реальных сумеречных отблесков на Луне были собраны М. Полем и Проспером Анри из Парижской обсерватории, а также мистером У. Х. Пикерингом в чистом воздухе Арекипы, на высоте 8000 футов над уровнем моря.[923] Затенение Юпитера, также наблюдавшееся им 12 августа 1892 г.,[924] сопровождалось небольшим уплощением диска планеты из-за эффекта, как предполагалось, лунной рефракции - но преломления в атмосфере, обладающей, самое большее, плотностью  $1/4000$  плотности земного воздуха на уровне моря и способной удерживать в равновесии не более  $1/250$  дюйма ртутного столба. Однако это небольшое барометрическое значение соответствует, как замечает мистер Пикеринг, "давлению в сотни тонн на квадратную милю лунной поверхности". Сжатие вниз газовых слоев на Луне в любом случае должно происходить очень постепенно из-за небольшой силы лунного притяжения,[925] и, следовательно, они могут играть важную роль в экономичности нашего спутника, избегая спектроскопических и других тестов. Таким образом, как заметил м-р Рэнъярд[926]— скалы и вершины Луны своим неносенным состоянием свидетельствуют об эффективности атмосферной защиты от метеоритной бомбардировки; и м-р Пикеринг показывает, что это может быть обеспечено такой тонкой оболочкой, какая была постулирована им.

Первым, кто подражал селенографическому рисунку Шретера, был Вильгельм Готхельф Лорман, землемер из Дрездена, который в 1824 году опубликовал четыре из двадцати пяти

разделов первой научно выполненной лунной карты в масштабе 37-1/2 дюйма к диаметру Луны. Однако три года спустя его зрение начало подводить, и он умер в 1840 году, оставив материалы, на основе которых работа была завершена и опубликована в 1878 году доктором Юлиусом Шмидтом, покойным директором Афинской обсерватории. За это время было сделано многое. Бир и Медлер начали в Берлине в 1830 году свою великую тригонометрическую съемку лунной поверхности, которая до сих пор не была пересмотрена или заменена. Карта, изданная в четырех частях в 1834-36 годах, почти в том же масштабе, что и у Лормана, но более подробная и авторитетная, воплотила полученные результаты. В 1837 году за ним последовал описательный том с внушительным названием "*Der Mond; всеобщая верглейхендская селенография*". Такое обобщение знаний в этой области, хотя на самом деле оставляло открытыми многие вопросы, имело вид завершенности, которая, как правило, не поощряла дальнейшие исследования.<sup>[927]</sup> Это придало форму реакции на оптимистические взгляды Гевелия, Шретера, Гершеля и Грюйтхейзена относительно возможностей комфортного проживания на Луне и низвело "селенитов", один из городов которых, как думал Шретер, он открыл, и о праздничных шествиях которых Грюйтхейзен не знал. отчаявшись стать зрителем, я отправился в темную страну Врат Слоновой кости. Более того, все примеры изменения лунных формаций были отвергнуты как иллюзорные. Короче говоря, свет, присутствовавший в работе, был "сухим светом", не стимулирующим воображение. "Смесь лжи, - пронизательно замечает Бэкон, - всегда доставляет удовольствие". Соответственно, в течение многих лет Шмидт занимался селенографией практически в полном своем распоряжении.

Возрождающийся интерес к этому предмету был сразу же возбужден и продемонстрирован назначением в 1864 году Лунного комитета Британской ассоциации. Косвенные были более ценными, чем прямые плоды его трудов. Английская школа селенографии приобрела большое значение. Популярность предмета была приобретена благодаря распространению работ, отличающихся изобретательностью и исследованиями. За прекрасно иллюстрированным томом Нэсмита и Карпентера (1874) через два года последовал еще более весомый вклад в лунную науку в виде хорошо известной книги мистера Нейсона, сопровождаемой картой, основанной на исследовании Бира и Медлера, но добавляющей около 500 измерений положения, помимо изображения нескольких тысяч новых объектов. Благодаря *Чарте Шмидта по безопасности в Мире* Германия



вновь вышла вперед. Эта великолепная схема, построенная на фундаменте Лормана, включала в себя детали, содержащиеся в более чем 3000 оригинальных рисунках, представляющих труд тридцати четырех лет. На нем представлено не менее 32 856 кратеров в масштабе от семидесяти пяти дюймов в диаметре. Дополнительная помощь исследователям Луны была оказана в то же время в этой стране учреждением, по инициативе покойного мистера У. Р. Бирта, Селенографического общества.

Но самым сильным стимулом к усердию в изучении грубых черт нашего небесного помощника была идея о вероятных или фактических изменениях в них. Пытливому интеллекту человека перемена всегда кажется брешь в защите тайн Природы, через которую он может надеяться пробиться к цитадели. Желаемое легко становится правдоподобным; и таким образом, заявления и слухи о лунных конвульсиях последовательно, в течение последних ста лет, получали подтверждение, и последовательно, при более тщательном исследовании, отвергались. Речь идет о том, какую иллюзию создать особенно легко. Наш вид на поверхность Луны - это вид с высоты птичьего полета. Его структура проявляется косвенно через неравномерности враспределении света и темноты. О формах его возвышенностей и впадин можно судить только по очертаниям черных, абсолютных теней, отбрасываемых ими. Но эти формы находятся в состоянии постоянных и сбивающих с толку колебаний, частично из-за изменений угла освещения, частично из-за изменений нашей точки зрения, вызванных тем, что называется "либрацией Луны". [298] Результатом является то, что ни одно наблюдение не может быть в *точности* повторено одним и тем же наблюдателем, поскольку идентичные условия повторяются только по прошествии большого количества лет.

Кроме того, местные особенности поверхности могут вызывать недоумение. Отражение земного света под определенным углом от определенных ярких вершин полностью, хотя и временно, убедило Гершеля в том, что в 1783 и 1787 годах он был свидетелем вулканических извержений на темной стороне Луны. Действительно, постоянное повторение подобных явлений при обстоятельствах, менее поддающихся объяснению, склонило Уэбба к мнению, что излияния естественного света действительно происходят. [299], однако, необходимо привести более убедительные доказательства, прежде чем факт, столь маловероятный по своей сути, может быть признан истинным.

Но с момента публикации работы Бира и Мэдлер до 1866 года



общепринятое мнение состояло в том, что на нашем спутнике никогда не видели и, вероятно, не увидят никаких подлинных признаков активности; что ее лицо было стереотипной страницей, фиксированной и безвозвратной записью прошлого. Соответственно, глубокую сенсацию произвело заявление Шмидта в октябре 1866 года о том, что кратер "Линне" в Безмятежном море исчез,<sup>[930]</sup> стерт, как предполагалось, извержением вулкана. Этот случай казался неоспоримым и до сих пор вызывает сомнения. Линней был известен Лорману и Медлеру в 1822-32 годах как глубокий кратер диаметром пять или шесть миль, третий по величине на сумеречной равнине, известной как "Безмятежное море"; и Шмидт наблюдал и нарисовал его в 1840-43 годах практически в таком же ракурсе. Теперь при ярком освещении он выглядит как беловатое пятно, в центре которого, когда лучи начинают падать косо, появляется яма диаметром едва ли в две мили.<sup>[931]</sup> Кратерный характер этого сравнительно небольшого углубления был обнаружен отцом Секки 11 февраля 1867 года.

Это еще не все. Описание Линне, сделанное Шретером 5 ноября 1788 года, довольно точно соответствует современным наблюдениям;<sup>[932]</sup> в то время как его неприметность в 1797 году подтверждается его отсутствием на лунном глобусе и картах Рассела.<sup>[933]</sup> Таким образом, мы вынуждены принять одно из двух предположений: либо Лорман, Медлер и Шмидт полностью ошиблись в размерах и важности Линне, либо реальное изменение его внешнего облика произошло в течение первой половины столетия и с тех пор ушло в прошлое, возможно, чтобы повториться снова. Последняя гипотеза кажется более вероятной, и ее вероятность усиливается многочисленными свидетельствами фактического затемнения или изменения оттенка в других частях лунной поверхности, особенно на дне великой "обнесенной стеной равнины", названной "Платон".<sup>[934]</sup> Проведя повторное исследование этого региона и Безмятежного моря с помощью 13-дюймового рефрактора в Арекипе в 1891-92 годах, мистер У. Х. Пикеринг склоняется к убеждению, что лунный вулкан, когда-то казавшийся таким мощным, еще не полностью угас.<sup>[935]</sup>

Пример изменения противоположного рода был описан доктором Германом Дж. Кляйном из Кельна в марте 1878 года.<sup>[936]</sup> В Линне предполагалось уничтожение старого кратера; в "Huginus N." утверждалось образование нового кратера. Тем не менее, вполне возможно, что одна и та же причина могла вызвать эффекты, которые, как считалось, очевидны в обоих случаях. Однако далеко не факт, что какие-либо реальные изменения затронули

окрестности Гигина. Новизна наблюдения Клейна от 19 мая 1877 года, возможно, заключалась просто в обнаружении доселе нераспознанной особенности. Регион имеет сложную структуру, следовательно, более чем обычную подверженность обманчивым изменениям внешнего вида при быстрых и запутанных колебаниях света и тени.[937] Более того, кажется несомненным, что от господ. Внимательное исследование Пратта и Капрона показало, что "Hyginus N." - это не настоящий кратер, а неглубокая, похожая на блюдце впадина, которую трудно четко различить.[938] Тем не менее, при подходящем освещении она содержит достаточную тень и отмечена ею.[939]

В обоих этих спорных случаях изменений в качестве свидетеля приводилась лунная фотография; но, несмотря на большие успехи, достигнутые в искусстве Де ла Рю в этой стране, Дрейпером и, прежде всего, Резерфордом в Америке, без решающих результатов. Исследования подобного рода начали приобретать новый аспект в 1890 году, когда профессор Холден организовал их в обсерватории Лик.[940] Автографические снимки Луны больше не делались случайно, а систематизировались; и тщательное исследование доктора Вайнека и умелые их репродукции в Праге,[941] придали им универсальную ценность. Они были разработаны, чтобы предоставить материалы для атласа в масштабе Beer и Mädler's, из которого было выпущено несколько прекрасных табличек с образцами. В Париже, в 1894 году, при помощи большой "equatoreal coudé," работы аналогичного характера была поставлена на ноги, мм. Лоуи и Пюизе. Его прогресс был отмечен последовательной публикацией пяти частей великолепного атласа в масштабе около восьми футов в диаметре Луны, сопровождаемого теоретическими диссертациями, призванными создать науку "селенология". Таким образом, лунные образования не только очерчиваются при любом разнообразии падений света, но и выясняется их значение, а также интерпретируется их история и взаимные связи.[942] Отныне, во всяком случае, лунные вулканы вряд ли смогут без предупреждения тяжело дышать в своем вековом сне.

Компания Melloni была первой, кто добился неоспоримого согревающего эффекта от лунного света. Его эксперименты, проведенные на Везувии в начале 1846 года,[943] были повторены с аналогичным результатом Зантедески в Венеции четыре года спустя. Приблизительная оценка интенсивности этих эффектов была получена Пиацци Смитом в Гуахаре, на пике

Тенерифе, в 1856 году. Было обнаружено, что свеча Прайса, расположенная на расстоянии пятнадцати футов от термоумножителя, излучает всего в два раза больше тепла, чем полная луна.[944] Затем, по прошествии тринадцати лет, в 1869-72 годах, нынешним графом Россом была сделана точная и обширная серия наблюдений по этому вопросу. Лунное излучение, от первой до последней четверти, при концентрации с помощью трехфутового зеркала в Парсонстауне, показывало заметную тепловую энергию, увеличивающуюся с изменением фазы и в основном за счет "темного тепла", отличающегося от более быстро вибрирующего вида неспособностью проходить через стеклянную пластину. Предполагалось, что это указывает на фактический нагрев поверхности в течение длинного 300-часового лунного дня примерно до  $500^{\circ}\text{F}$ . [945] (исправлено позже до  $197^{\circ}$ ), [946] таким образом, Луна действует как прямой излучатель не меньше, чем как отражатель тепла. Но этот вывод был весьма несовершенно подтвержден наблюдениями доктора Беддикера с помощью того же инструмента и аппаратуры во время полного лунного затмения 4 октября 1884 года. [947] Эта первоначальная возможность измерения тепловых фаз луны в состоянии затмения была использована с замечательным результатом, показавшим, что тепло исчезло почти полностью, хотя и не совсем одновременно со светом. Подтверждающим свидетельством необычайной быстроты, с которой наш спутник расстаётся с теплом, уже в некоторой степени присвоенным ему, были проведенные профессором Лэнгли в Аллегейни болометрические наблюдения частичного затмения 23 сентября 1885 года. [948] Тем не менее, несомненно, что Луна посылает нам ощутимое количество тепла *сама по себе*, помимо простого отражения солнечного излучения. Ибо в феврале 1885 года профессору Лэнгли после многих бесплодных попыток удалось измерить "спектр лунного тепла". О невероятной деликатности операции можно судить по утверждению, что суммарной тепловой энергии, рассеиваемой призмами из каменной соли, было недостаточно, чтобы поднять полностью открытый ей термометр на одну тысячную градуса по Цельсию! Однако был выявлен уникальный факт, что этот почти исчезающий спектр состоит из двух наложенных спектров, один из которых обусловлен отражением, а другой, с максимумом далеко внизу в инфракрасном диапазоне, - излучением. [949] Соответствующая температура освещенной солнцем поверхности Луны, по мнению профессора Лэнгли, примерно равна температуре замерзающей воды.. [950] В результате повторных экспериментов, в которых не удалось получить никаких тепловых эффектов от темной части

Луны, был сделан вывод, что наш спутник "не имеет внутреннего тепла, ощущаемого на поверхности"; так что излучение от лунного грунта, дающее низкий максимум в тепловом спектре, "должно быть вызвано исключительно солнечным теплом, которое было поглощено и почти сразу же повторно излучено". Исследования профессором Лэнгли *terra incognita* с чрезвычайно большими длинами волн, где происходят невидимые тепловые выбросы с земли в космос, привели его к открытию, что они, вопреки общепринятому мнению, в значительной степени передаются нашей атмосферой, хотя полностью задерживаются стеклом. Другим важным результатом работы Аллегейни стала отмена аномального понятия "температуры пространства", установленного Пуйе на уровне  $-140^{\circ}\text{C}$ . Поскольку пространство само по себе не может иметь температуры, а звездное излучение представляет собой ничтожно малую величину. Таким образом, можно с уверенностью предположить, "что идеальный термометр, подвешенный в космосе на расстоянии земли или Луны от солнца, но защищенный от его лучей, разумно показывал бы абсолютный ноль".[951] обычно устанавливается при температуре  $-273^{\circ}\text{C}$ .

"Призовое эссе о распределении тепла Луны" (Гаага), 1891, мистера Фрэнка У. Вери, который принимал активное участие в длительном исследовании профессора Лэнгли, представляет плоды его продолжения. Они показывают, что лунный диск относительно однороден по тепловой мощности. Более яркие части также действительно более горячие, но ненамного. Обнаруженные следы небольшого удержания тепла веществами, образующими лунную поверхность, хорошо согласуются с наблюдениями полного лунного затмения в Парсонстауне 28 января 1888 года.[952] Поскольку они выявили безошибочное расхождение между тепловой и световой фазами. Любопытное снижение температуры перед первым касанием земной тени лунного шара остается необъяснимым, если только допустимо предположить, что земная атмосфера способна поглощать тепло на высоте 190 миль. Вероятный диапазон температур на Луне обсуждался профессором Вери в 1898 году.[953] Он пришел к выводу, что она была очень широкой. Он обнаружил, что более горячая, чем кипящая вода под вертикальными лучами солнца, засушливая поверхность нашего зависимого земного шара должна охлаждаться в течение 14-дневной лунной ночи примерно до температуры жидкого воздуха.

Хотя фундаментальная часть астрономии, известная как "небесная механика", выходит за рамки данной работы, и поэтому мы обходим молчанием огромный труд Плана, Дамуазо, Хансена,

Делоне, Г. В. Хилла и Эйри по согласованию наблюдаемого и рассчитанного движения Луны, существует одно небольшое, но существенное расхождение, которое имеет такое значение для физической истории Солнечной системы, что о нем необходимо кратко упомянуть.

Галлей обнаружил в 1693 году, изучив записи древних затмений, что Луна тогда двигалась быстрее, чем 2000 лет назад, — настолько быстрее, что опередила место на небе, которое она занимала бы в противном случае, примерно на два своих диаметра. То, что Лаплас нашел объяснение этому загадочному факту, стало одним из величайших триумфов. В 1787 году он показал, что это произошло из-за очень медленного изменения овальности земной орбиты, которое в нынешнюю эпоху мира имеет тенденцию делать ее более близкой к круглой. Таким образом, притяжение солнца к Луне уменьшается; противодействующее притяжение земли берет верх; и наш спутник, приближающийся к нам примерно на дюйм каждый год, [954] пропорционально ускоряет свой бег. Через много тысяч лет процесс обратится вспять; земная орбита сомкнется по бокам, лунная орбита разверзнется под растущим давлением солнечной гравитации, и наш небесный хронометр будет терять время, вместо того чтобы набирать его.

Все это совершенно верно, как выразился Лаплас; но этого недостаточно. Адамс, фактический первооткрыватель Нептуна, с удивлением обнаружил в 1853 году, что полученное описание этого явления было "по существу неполным", и объяснил, когда была внесена необходимая поправка, только половину наблюдаемого ускорения. [955] Что же было делать с оставшейся половиной? Здесь на помощь пришел Делоне, выдающийся французский астроном-математик, к несчастью утонувший в Шербуре в 1872 году в результате крушения прогулочного катера. [956]

Любому, кто хоть немного внимательно изучит этот предмет, очевидно, что приливы и отливы должны в какой-то степени действовать как фрикционный тормоз на вращающуюся землю. Другими словами, они должны приводить к почти бесконечно медленному удлинению дня. Ибо две массы воды, скопившиеся под влиянием Луны на обеих сторонах нашего земного шара, стремятся, так сказать, отделиться от единства земного сфероида и следовать движениям Луны. Луна, соответственно, удерживает их *напро тив* вращающейся земли, которая вращается подобно стрелу в неподвижном кольце, медленно теряя движение и

набирая тепло, которое в конечном итоге рассеивается в пространстве.[957] Это должно продолжаться (насколько мы можем видеть) до тех пор, пока периоды вращения Земли и вращения Луны не совпадут. Более того, этот процесс будет продолжаться — если наши океаны просуществуют так долго — благодаря более слабой силе солнца, поднимающего приливы, и прекратится только тогда, когда день и ночь перестанут чередоваться, когда одна сторона нашей планеты погрузится в вечную тьму, а другая будет опалена неизменным светом.

Итак, здесь мы разгадываем секрет того, что Луна всегда обращена к земле одной и той же стороной. Дело в том, что в первобытные времена, когда Луна была жидкой или пластичной, поднятая землей приливная волна быстро и принудительно уменьшила ее вращение до его нынешнего точного соответствия периоду обращения. Это было предсказано Кантом[958] почти за столетие до того, как необходимость в таком способе действия возникла у любого другого мыслителя. В еженедельной газете, издававшейся в Кенигсберге в 1754 году, он четко изложил современную доктрину "приливного трения" как в отношении его фактического воздействия на вращение земли, так и в отношении его уже завершенного воздействия на вращение Луны — все это образует предварительную попытку того, что он назвал "естественной историей" небес. Его мудрое предположение, однако, оставалось совершенно незамеченным, пока его не возродил — по—видимому, независимо - Джулиус Роберт Майер в 1848 году;[959] к аналогичным и, вероятно, оригинальным выводам пришел Уильям Феррел из Алленсвилля, штат Кентукки, в 1858 году.[960]

Тогда Делоне не был изобретателем приливного трения; он просто показал его как эффективную причину изменений. У него были основания полагать, что его действие при проверке вращения Земли далеко не полностью нейтрализовано, как предполагал Феррел, сжатием земного шара в результате охлаждения, а является фактом, с которым необходимо считаться при вычислении движений небесных тел, а также при размышлениях об истории. Выдающееся ускорение Луны было, таким образом, сразу же объяснено. Оно было объяснено только как кажущееся — отражение реального удлинения суток на одну секунду за 100 000 лет. Но по этому вопросу последнее слово еще не сказано.

Профессор Ньюкомб взялся в 1870 году за трудную задачу по исследованию ошибок Лунных таблиц Хансена по сравнению с

наблюдениями до 1750 года. Результаты, опубликованные в 1878 году,[961] оказались несколько озадачивающими. В целом они имеют тенденцию уменьшать величину ускорения, оставшуюся неучтенной теорией тяготения Лапласа, и пропорционально уменьшать важность роли, которую играет приливное трение. Но, чтобы добиться этого уменьшения и в то же время согласовать александрийские и арабские наблюдения, необходимо отвергнуть *как полные* древние солнечные затмения, известные как затмения Фалеса и Лариссы. Это может быть необходимым, но следует признать, что это опасный прием. Его результатом было указание на возможность того, что наблюдаемые и рассчитанные значения ускорения Луны в конце концов могут оказаться идентичными; и небольшое заметное расхождение было еще больше уменьшено исследованием Тиссерана, проведенным по-другому, тех же арабских затмений, о которых говорил Ньюкомб.[962] Таким образом, необходимость прибегнуть к удлинению дня менее насущна, чем казалось некоторое время назад; и эффект, если он замечен в движении Луны, должен, как заметил М. Тиссеран, быть пропорциональным движению всех других небесных тел. Согласно тому же авторитетному источнику, наличие очевидного общего ускорения, которое должно последовать, может быть проверено с наибольшей вероятностью путем тщательного сравнения прошлых и будущих транзитов Меркурия.

Ньюкомб далее показал, что в движениях нашего спутника все еще обнаруживаются небольшие остаточные неоднородности, необъяснимые ни каким-либо известным гравитационным воздействием, ни каким-либо *равномерным* значением, которое можно было бы присвоить вековому ускорению.[963] Если приписать это несовершенству "хронометража" земли, то это могло быть основано только на произвольном предположении о том, что колебания в скорости ее движения сами по себе нуждаются в объяснении. Это, правда, может быть обнаружено в очень незначительных изменениях рисунка,[964] не совсем маловероятно, что это произойдет. Но в эту облачную и умозрительную область астрономы пока что отказываются проникать. Они предпочитают, по возможности, иметь дело только с поддающимися исчислению причинами и, таким образом, сохраняют за своей "самой совершенной из наук" ее особую прерогативу надежного предсказания.



## СНОСКИ:

[796] *Neueste Beyträge zur Erweiterung der Sternkunde*, Bd. iii., p. 14 (1800).

[797] *Там же.*, стр. 24.

[798] *Филолог. Пер.*, том. xciii., стр. 215.

[799] *Mem. Roy. Astr. Soc.*, том vi., стр. 116.

[800] *Месяц. Не.*, том xix., стр. 11, 25.

[801] *Там же.*, т. xxxviii., стр. 398.

[802] *Журнал науки*, том xvi., стр. 124.

[803] *Wash. Obs.* за 1876 год, Часть ii, стр. 34.

[804] *Рор. Астр.*, том ii., стр. 168; *Астр. Журнал.*, № 335.

[805] *Астрофизика*, том. xiii., с. 866.

[806] *Там же.*, стр. 867.

[807] *Месяц. Не.*, том. xxiv., стр. 18.

[808] *Там же.*, том. xxiii., стр. 234 (Чаллис).

[809] *Untersuchungen über die Spectra der Planeten*, p. 9.

[810] *Сириус*, том vii., стр. 131.

[811] *Изд-во Потсдама*, № 30; *Astr. Нач.*, № 3,171; Фрост, *Астрофизика*, том xii., стр. 619.

[812] Зеллнер и Виннеке сделали это =  $O \cdot 13$ , *Astr. Nach.*, No. 2,245.

[813] *Neueste Beyträge*, Bd. iii., стр. 50.

[814] *Astr. Jahrbuch*, 1804, pp. 97-102.

[815] Уэбб, *Небесные объекты*, стр. 46 (4-е изд.).

[816] *Астрономия*, т. ii., стр. 141.

[817] *Наблюдения Венских планет и Меркурия*, стр. 87.

[818] *Обсерватория*, том vi., стр. 40.



[819] *Atti della Accad. dei Lincei*, т. ii., стр. 283, 1889; *Astr. Nach.*, No. 2,944.

[820] *Astr. Nach.* No. 2,479.

[821] *Мемуары амера. Акад.*, т. xii., № 4, с. 464.

[822] *История. де л'Астр.*, стр. 682.

[823] *Comptes Rendus*, т. xlix., стр. 379.

[824] *Comptes Rendus*, t. I., стр. 40.

[825] *Там же.*, стр. 46.

[826] *Astr. Нач.*, № 1,248 и 1,281.

[827] *Comptes Rendus*, т. lxxxiii., стр. 510, 561.

[828] *Справочник по математике*, Bd. ii., стр. 327.

[829] *Comptes Rendus*, т. lxxxiii., стр. 721.

[830] *Природа*, т. xviii., стр. 461, 495, 539.

[831] *Оппольцер*, *Astr. Nach.*, No. 2,239.

[832] *Там же.*, № 2253-4 (С. Н. Ф. Петерс).

[833] *Там же.*, № 2263 и 2277. Смотрите также Tisserand в *Ann. Bur. des Long.*, 1882, p. 729.

[834] Смотрите "*Untersuchungen*" Дж. Баушингера (1884), кратко изложенную в *Булле. Astr.*, т. i., стр. 506, и *Astr. Nach.*, No. 2,594. Ньюкомб считает, что аномальное движение перигелия еще больше (43' вместо 38'), чем у Леверье. *Месяц. Не т.*, февраль 1884 г., стр. 187. Попытка Харцера объяснить это в *Astr. Нач.*, № 3030, скорее изобретателен, чем успешен.

[835] *Журнал. des Sçavans*, December, 1667, p. 122.

[836] *Elémens d'Astr.*, стр. 525. Ср. Чендлер, *Пол. Astr.*, февраль 1897 г., стр. 393.

[837] *Beobachtungen über die sehr beträchtlichen Gebirge und Rotation der Venus*, 1792, p. 35. Schröter's final result in 1811 was 23h. 21m. 7.977s. *Monat. Kopp.*, Bd. xxv., стр. 367.

[838] *Astr. Nach.*, No. 404.

[839] *Rendiconti del R. Istituto Lombardo*, т. xxiii., серия ii.

- [840] *Astr. Nach.*, No. 3,304.
- [841] *Bothkamp Beobachtungen*, Heft ii., стр. 120.
- [842] *Comptes Rendus*, t. cxi., стр. 542; t. cxhii., стр. 395.
- [843] *Месяц. Не.*, том. lvii., стр. 402; *Astr. Nach.*, No. 3,406.
- [844] *Память. Spettroscopisti Italiani*, т. xxv., стр. 93; *Природа*, том. liii., стр. 306.
- [845] *Astr. Nach.*, No. 3,329.
- [846] *Там же.*
- [847] *Бычий текст. de l'Акад. de Belgique*, t. xxi., p. 452, 1891.
- [848] *Наблюдения Венских планет и Меркурия*, 1892.
- [849] *Astr. Nach.*, No. 3,300.
- [850] *Там же.*, № 3,332.
- [851] *Там же.*, № 3,314.
- [852] *Там же.*, № 3,170.
- [853] *Там же.*, № 3,641. Скорость точки на экваторе Венеры, если бы период Бреннера, равный 23 ч. 57 м., был точным, составляла бы 0 · 28 миль в секунду; но смещения, обусловленные этой скоростью, были бы удвоены отражением.
- [854] *Новые наблюдения*, стр. 92.
- [855] *Воспоминания об АК.*, 1700, стр. 296.
- [856] *Фил. Пер.*, том. lxxxiii., стр. 201.
- [857] *Уэбб, чел. Объекты*, стр. 58.
- [858] *Месяц. Не т.*, том. xlii., стр. 111.
- [859] *Бычий текст. Ac. de Bruxelles*, t. xliii., p. 22.
- [860] *Фил. Пер.*, вып. lxxxii., p. 309; *Aphroditographische Fragmente*, p. 85 (1796).
- [861] *Astr. Nach.*, No. 679.
- [862] *Месяц. Не.*, том xiv., стр. 169.
- [863] *Там же.*, том. xxiv., стр. 25.

- [864] *Ат. Журнал Sc.*, том. xliii., стр. 129 (2d сер.); том ix., стр. 47 (3d сер.).
- [865] *Астроф. Jour.*, vol. ix., p. 284.
- [866] *Месяц. Нет.*, том. xxxvi., стр. 347.
- [867] *Старая и новая астрономия*, стр. 448.
- [868] *История. Физика. Astr.*, стр. 431.
- [869] *Мет. Roy. Astr. Soc.*, том. xlvii., стр. 77, 84.
- [870] *Astr. Reg.*, vol. xiii., с. 132.
- [871] *Астрономия*, т. ii., стр. 27; *Astr. Нач.*, № 2021; *Утренний журнал Sc.*, том xxv., стр. 430.
- [872] *Память. Спецтр. Итал.*, Dicembre, 1882; *Журнал Sc.*, том xxv., стр. 328.
- [873] *Comptes Rendus*, т. cxvi., стр. 288.
- [874] *Фогель, Спектры планет*, стр. 15.
- [875] *Природа*, том xix., стр. 23.
- [876] *Новый акт Акад. Naturæ Curiosorum*, Bd. x., 239.
- [877] *Astr. Jahrbuch*, 1809, p. 164.
- [878] *Месяца нет.*, т. xliii., стр. 331.
- [879] *Отчет британца. Асс.*, 1873, стр. 407. Статья содержит ценный отчет о наблюдениях за этим явлением.
- [880] *Фото. Untersuchungen*, p. 301.
- [881] *Bothkamp Beobachtungen*, Heft ii., стр. 126.
- [882] *Astr. Nach.*, No. 2,818.
- [883] *Воспоминания академика. de Bruxelles*, т. xlix., № 5, 4to; *Astr. Nach.*, No. 2,809; f. Schorr, *Der Venusmond*, 1875.
- [884] *Фил. Пер.*, 1839, 1841, 1842.
- [885] *Делоне возразил (Comptes Rendus*, т. lxvii., стр. 65), что вязкость содержащейся в нем жидкости (которую Хопкинс не принимал во внимание) почти наверняка приведет к тому, что там, где движения были такими чрезмерно медленными, как движения

земной оси, она будет вести себя как твердое тело. Однако лорд Кельвин (*Отчет британца. Асс.*, 1876, ii., стр. 1), посчитал аргумент Хопкинса обоснованным в отношении сравнительно быстрых полугодовых нутаций Солнца и двухнедельной нутации Луны.

[886] *Фил. Пер.*, cliii., стр. 573.

[887] *Отчет британца. Асс.*, 1868, с. 494.

[888] *Там же.*, 1882, стр. 474.

[889] Альбрехт, *астр. Nach.*, No. 3,131.

[890] *Astr. Jour.*, Nos. 248, 249.

[891] *Там же.*, № 258.

[892] *Месяц. Не.*, том ii., стр. 336.

[893] *Astr. Нач.*, № 3097; *Филолог. Пер.*, т. clxxxvi., А., стр. 469; *Протокол. Соч.*, том первый.

[894] Смотрите поисковые исследования Чендлера, *Astr. Jour.*, Nos. 329, 344, 351, 392, 402, 406, 412, 446, 489, 490, 494, 495.

[895] Рис, *Всплывающее окно. Астр.*, № 74, 1900.

[896] *Природа*, том lxi., стр. 447; см. также А. В. Беклунд, *Astr. Nach.*, No. 3,787.

[897] *Перевод. Геол. соц.*, том iii. (2-я серия), стр. 293.

[898] См. Его *Трактат по астрономии*, стр. 199 (1833).

[899] *Phil. Mag.*, vol. xxviii. (4-я серия), стр. 121.

[900] *Климат и время*, 1875; *Дискуссии о климате и космологии*, 1885.

[901] Популярное изложение теории смотрите в книге сэра Р. Болла "*Причина ледникового периода*", 1892.

[902] См. А. Войкоф, *Phil. Mag.*, том xxi., стр. 223.

[903] *Ледниковый период в Северной Америке*, Лондон, 1890.

[904] *Фил. Пер.*, том. lxxviii., стр. 783.

[905] *Comptes Rendus*, т. lxxvi., стр. 954.

[906] *Изд-во Потсдама*, № 22, 23.

[907] *Фил. Пер.*, вып. slxxxii., стр. 565; *Эссе на премию Адамса за 1893 год*.

[908] *Denkschriften Akad. der Wiss. Вена*, Bd. lxiv.; цитируется Пойнтингом. *Природа*, том. lxii., стр. 404.

[909] *Отчет о геодезической съемке Южной Африки*, 1894.

[910] *Природа*, том. lxii., стр. 622; Холлис, *Обсерватория*, том. xxiii., p. 337; Poincaré, *Comptes Rendus*, July 23, 1900.

[911] *Astr. Nach.*, No. 2,228.

[912] *Генерал Янга. Астр.*, стр. 601.

[913] *Astr. Константы*, стр. 195.

[914] Второй том был опубликован в Геттингене в 1802 году.

[915] *Всеобщее обозрение в мире*, стр. 13. *Ср. Луна*, Т. Гвин Элджер, стр. 20. У. Х. Пикеринг, *Гарвардские анналы*, том. xxxii., стр. 249.

[916] *Луна*, стр. 73.

[917] *Selen. Фрагмент.*, Т. ii., стр. 399.

[918] *Astr. Нач.*, № 263 (1834); *Поп. Vorl.*, pp. 615-620 (1838).

[919] *Очертания Астр.*, пар. 431.

[920] *Месяц. Не.*, том xxv., стр. 61.

[921] *Месяц. Не.*, том xxv., стр. 264.

[922] *Астроф. Журнал.*, том vi., стр. 422.

[923] *Гарвардские анналы*, том. xxxii., стр. 81.

[924] *Астрофизика*, том xi., стр. 778.

[925] *Нейсон, Луна*, стр. 25.

[926] *Знания*, том. xvii., с. 85.

[927] *Нейсон, Луна*, стр. 104.

[928] Сочетание равномерного вращения с неравномерным орбитальным движением вызывает легкое покачивание шара Луны, то на восток, то на запад, благодаря чему мы можем видеть края обращенного полушария. Существует также

"параллактическая" либрация, зависящая от вращения земли; и разновидность кивательного движения — "либрация по широте" — вызывается наклоном оси Луны к ее орбите и изменением ее положения относительно земного экватора. В общей сложности в поле зрения попадает около 2/11 невидимой стороны.

[929] *Чел. Объекты*, стр. 58 (4-е изд.).

[930] *Astr. Nach.*, No. 1,631.

[931] Ср. Лео Бреннер, *Naturwiss. Wochenschrift*, January 13, 1895; *Jour. Бри т. Астр. Асс.*, т. v., с. 29, 222.

[932] Респиги, *Les Mondes*, т. xiv, стр. 294; Хаггинс, *Месяц. Нет.*, том. xxvii., стр. 298.

[933] Birt, *Там же.*, стр. 95.

[934] *Отчет британца. Асс.*, 1872, с. 245.

[935] *Обсерватория*, том xv., стр. 250.

[936] *Astr. Reg.*, том xvi., стр. 265; *Astr. Nach.*, No. 2,275.

[937] Линдси и Коупленд, *Месяц. Нет.*, том. xxxix., стр. 195.

[938] *Обсерватория*, том ii., стр. 296; iv., стр. 373. N. E. Green (*Astr. Reg.*, vol. xvii, стр. 144) заключил, что объект - всего лишь "цветное пятно", темное при косом освещении.

[939] Уэбб, *Чел. Объекты*, стр. 101.

[940] *Опубл. Обсерватория Лика*, том iii., стр. 7.

[941] *Там же.*, стр. 21; Мее, *Knowledge*, vol. xviii., с. 135.

[942] *Comptes Rendus*, т. cxhii., стр. 967; *Бык. Astr.*, август 1899 г.; *Ann. Бюро Лонга.*, 1898; *Природа*, тома ii., стр. 439; lvi., стр. 280; lix., стр. 304; lx., стр. 491; *Астроф. Журнал*. том vi., стр. 51.

[943] *Comptes Rendus*, т. xxii., стр. 541.

[944] *Фил. Пер.*, том. cxlviii., стр. 502.

[945] *Процедура. Соч.*, т. xvii., с. 443.

[946] *Фил. Пер.*, том. cxliii., стр. 623.

[947] *Пер. R. Dublin Soc.*, том iii., стр. 321.

[948] *Наука*, том vii., стр. 9.

[949] *Амер. Журнал науки*, том. xxxviii., стр. 428.

[950] "Температура Луны", *Мемуары Национального академика наук*, том iv., стр. 193, 1889.

[951] *Температура Луны*, стр. iii.; см. также Приложение ii., стр. 206.

[952] *Пер. R. Dublin Soc.*, том iv., стр. 481, 1891; *Rosse, Proc. Roy. Учреждение*, 31 мая 1895 г.

[953] *Астроф. Jour.*, vol. viii., стр. 199, 265.

[954] Эйри, *Обсерватория*, том iii., стр. 420.

[955] *Фил. Пер.*, т. cxliii., с. 397; *Протокол. Соч.*, том vi., стр. 321.

[956] *Comptes Rendus*, т. lxi., стр. 1023.

[957] Профессор Дарвин подсчитал, что тепло, выделяемое приливным трением в ходе удлинения периода вращения Земли с 23 до 24 часов, в 23 миллиона раз превышает величину ее нынешних ежегодных потерь при охлаждении. *Природа*, том. xxxiv., стр. 422.

[958] *Sämmtl. Werke* (изд. 1839), Т. vi., стр. 5-12. Смотрите также полезные указания К. Дж. Монро в *Nature*, том vii., стр. 241.

[959] *Динамика Химмельса*, стр. 40.

[960] *Gould's Astr. Jour.*, vol. iii., p. 138.

[961] *Wash. Obs.* за 1875 год, том. xxii., Приложение ii.

[962] *Собрание сочинений*, т. cxiii., стр. 669; *Ежегодник*, Париж, 1892.

[963] Ньюкомб, *Поп. Астр.* (4-е изд.), стр. 101.

[964] Сэр У. Томсон, *Доклад британца. Асс.*, 1876, с. 12.

## ГЛАВА VIII

### ПЛАНЕТЫ И СПУТНИКИ—(продолжение)

"Аналогия между Марсом и землей, пожалуй, самая большая во всей солнечной системе". Так писал Гершель в 1783 году,[965] и так мы можем с уверенностью сказать сегодня, после еще шести

десятков лет тщательного изучения. Это обстоятельство придает особый интерес исследованию физических особенностей нашего внешнего планетарного соседа.

Фонтана впервые мельком увидел в Неаполе в 1636 и 1638 годах, [966] темные пятна на красноватом диске Марса. В следующий раз они были замечены Гуком и Кассини в 1666 году, и на этот раз с достаточной отчетливостью, чтобы служить индикаторами вращения планеты, определенного последним как происходящее с периодом в двадцать четыре часа сорок минут. [967] Этому результату была придана повышенная достоверность благодаря точной проверке Маральди в 1719 году. [968] Среди наблюдаемых им пятен он выделил два стабильных по положению, хотя и изменяющихся по размеру. Они имели своеобразный характер, проявляясь в виде ярких пятен вокруг полюсов, и их уже замечали шестьдесят лет назад. Существующая гипотеза об их снежной природе получила подтверждение, когда Гершель связал колебания их протяженности со сменой марсианских сезонов. С выводом о замерзших осадках трудно было не согласиться, когда однажды стало ясно, что сияющие полярные зоны действительно поочередно уменьшались и увеличивались при смене лета и зимы в соответствующем полушарии.

Это, можно сказать, было началом нашего знакомства с положением вещей, сложившимся на поверхности Марса. Это сопровождалось твердым утверждением Гершеля о постоянстве темных отметин, несмотря на частичное затемнение облаками и парами, плавающими в "значительной, но умеренной атмосфере". Следовательно, предполагаемые обитатели планеты были выведены как "вероятно, наслаждающиеся ситуацией, во многих отношениях схожей с нашей". [969]

Шретер, с другой стороны, совершенно уклонился от истины в отношении Марса. Он считал, что видимая нами поверхность - это всего лишь оболочка дрейфующего облака, получающая определенную степень кажущейся стабильности из-за влияния на испарение и конденсацию нижележащих, но невидимых ареографических особенностей; [970] и его мнение возобладало над его современниками. Однако он был отвергнут Куновским в 1822 году и, наконец, опровергнут тщательными исследованиями Бира и Медлера в ходе пяти последовательных противостояний в 1830-39 годах. Они обнаружили на каждом из них одни и те же темные пятна, часто размытые туманами, особенно когда преобладала местная зима, но принципиально неизменные. [971] В 1862 году Локьер установил "удивительное соответствие" с



результатами Бира и Медлера 1830 года, не оставляя сомнений в полной неизменности основных характеристик на фоне "ежедневных, нет, ежечасных" вариаций деталей из-за прохождения облаков.[972] В семнадцать ночей одного и того же противостояния Ф. Кайзер из Лейдена получил рисунки, на которых вновь появились почти все отметины, отмеченные в 1830 году в Берлине, за исключением пятен, часто видимых соответственно Араго в 1813 году, Гершелем в 1783 году и одним наброском, сделанным Гюйгенсом в 1672 году ручкой в его дневнике.[973] Исходя из этих данных, лейденский наблюдатель установил период вращения  $24 \text{ ч. } 37 \text{ м. } 22 \cdot 62 \text{ с.}$ , что всего на одну секунду короче периода, выведенного исключительно на основе их собственных наблюдений Беером и Медлером. Точность этого результата была практически подтверждена исследованиями профессора Бахуйзена из Лейдена.[974] Используя для промежуточного сравнения раскопанные наблюдения Шретера с наблюдениями Гюйгенса на одном и Скиапарелли на другом конце интервала в 220 лет, он смог показать с некоторой уверенностью, что время вращения ( $24 \text{ ч. } 37 \text{ м. } 22 \cdot 735 \text{ с.}$ ), приписываемое Марсу мистером Дж. Проктор[975], основанный на рисунке, выполненном Гуком в 1666 году, был слишком длинным *почти на одну десятую секунды*. Тщательность исправления указывает на тонкость применяемого ухода. И не использовалось напрасно; поскольку из-за сравнительной древности имеющихся в данном случае записей почти бесконечно малая ошибка при частом повторении настолько умножается, что приводит к ощутимым расхождениям в расположении отметок в отдаленные сроки. Следовательно, период Бахуйзена составляет 24 часа 37 минут 22·66 секунд. несомненно, обладает точностью, недостижимой ни для какого другого небесного тела, кроме самой земли.

Таким образом, два факта, касающиеся положения вещей на поверхности Марса, были полностью известны науке в 1862 году или ранее. Первое касалось сезонных колебаний полярных пятен; второе - общего постоянства определенных темно-серых или зеленоватых пятен, которые в телескоп воспринимались как выделяющиеся на темно-желтом фоне диска. Долгое время преобладало мнение, что эти разновидности оттенков соответствуют реальному разнообразию земной поверхности, "спелому кукурузному полю"[976] участки, представляющие сушу, темные пятна и полосы, океаны и проливы. Сэр Дж. Гершель в 1830 году первым объяснил красноту света планеты врожденной особенностью почвы.[977] Ранее это ассоциировалось скорее с нашим закатным сиянием, чем с нашими красными

образованиями из песчаника, то есть с атмосферной остановкой голубых лучей. Но обширная марсианская атмосфера, в существование которой безоговорочно верили на основании некоторых ошибочных наблюдений Кассини и Ремера в семнадцатом веке, исчезла до резкого затемнения маленькой звезды во Льве, свидетелем которого был сэр Джеймс Саут в 1822 году;<sup>[978]</sup> и наблюдение Дауэса в 1865 году,<sup>[979]</sup> то, что красноватый оттенок наиболее интенсивен вблизи центральных частей диска, свидетельствует о его неатмосферном происхождении. Абсолютная белизна полярных снежных шапок была заявлена в подтверждение того же вывода сэром Уильямом Хаггинсом в 1867 году.<sup>[980]</sup>

Все недавние исследования, как правило, показывают, что атмосфера Марса намного тоньше нашей собственной. Этого следовало ожидать *априори*, поскольку такая же пропорциональная масса воздуха образовала бы на его меньшем шаре относительно разреженное покрытие.<sup>[981]</sup> Кроме того, сила тяжести там составляет менее четырех десятых ее силы здесь, так что это более разреженное покрытие весило бы меньше и было менее уплотненным, чем если бы оно окутывало землю. Атмосферное давление, соответственно, было бы около двух с четвертью, вместо пятнадцати земных фунтов на квадратный дюйм. Это соответствует тому, что показывает нам телескоп. Крайне сомнительно, что планетарный наблюдатель мог бы различить какие-либо особенности реальной поверхности Земли, как бы хорошо ни была обеспечена оптическая помощь. Запросы профессора Лэнгли<sup>[982]</sup> привели его к выводу, что наш воздух поглощает вдвое больше света, чем предполагалось ранее, — скажем, 40 процентов. вертикальных лучей в ясном небе. Из шестидесяти, достигающих земли, менее четверти отразилось бы даже от белого песчаника; и эта четверть снова заплатила бы тяжелую цену, улетев обратно в космос. Таким образом, не более десяти или двенадцати из первоначальных ста лучей, посылаемых солнцем, при самых благоприятных обстоятельствах и из самого центра земного диска достигли бы глаз марсианского или лунного наблюдателя. Свет, в котором он видит наш мир, — это, без сомнения, свет, отраженный от различных слоев нашей атмосферы, облачных, туманных или безмятежных, в зависимости от обстоятельств, с редкими снежными горами, выступающими в виде постоянного белого пятна.

Это соображение сразу показывает нам, насколько более разреженным должен быть марсианский воздух, поскольку он допускает топографические очертания марсианского шара.

Облака, которые образуются в нем, тоже, по-видимому, в целом имеют скорее природу приземных туманов, чем тяжелых кучевых облаков.[983] Иногда, действительно, становятся видны прочные и обширные слои. Например, во второй половине октября 1894 года регион размером с Европу, по-видимому, оставался затянутым облаками. Однако большинство недавних наблюдателей не смогли обнаружить следы поглощения водой в спектре Марса, отмеченные Хаггинсом в 1867 году[984] и Фогелем в 1873 году.[985] Кэмпбелл тщетно искал их.[986] визуально в 1894 году, спектрографически в 1896 году; Килер также потерпел неудачу;[987] [ГИПЕРССЫЛКА](#) Jewell[988] утверждает, что их можно было бы воспринять с помощью современных приборов, только если бы атмосфера Марса была намного богаче водяным паром, чем атмосфера Земли. Однако не может быть никаких сомнений в том, что его запасов примерно достаточно для удовлетворения потребностей *живой*, возможно, питающей жизнь планеты.

Климат Марса кажется неожиданно мягким. Его *теоретическая* средняя температура, учитывающая как расстояние от солнца, так и альбедо, составляет 34 ° C ниже нуля.[989] Однако его полярные снега менее обширны и менее постоянны, чем на земле. Южный белый колпак, который, как заметил Скиапарелли в 1877 году, пережил лето лишь в виде небольшого бокового пятна, полностью растаял в 1894 году. Более того, мистер У. Х. Пикеринг с удивлением наблюдал исчезновение в течение тридцати трех дней июня и июля 1892 года 1 600 000 квадратных миль снега на юге.[990] Достаточно любопытно, что начальная стадия усадки белого калотта была отмечена его разделением на две неравные части, как будто подчиняясь таинственному принципу дублирования, управляющему столь многими марсианскими явлениями.[991] Изменения оттенков, связанные соответственно с сушей и водой, сопровождались в более низких широтах и, как считалось, были вызваны наводнениями, следовавшими за этим быстрым антарктическим таянием. Это правда, что нехватка влаги могла бы объяснить скудость и скоротечность снежных отложений, которые легко разжижаются из-за тонкого распределения. Но мы могли бы ожидать увидеть, во всяком случае, все зимнее полушарие, скованное морозами, поскольку солнце излучает на Марсе вдвое меньше тепла, чем на земле. Тем не менее, по-видимому, вода остается, как правило, нераскрытой повсюду за пределами полярных регионов. Мы затрудняемся представить, каким благотворным образом суровые условия, которых, естественно, следует ожидать, могут быть изменены в климат, который мог бы быть сочтен терпимым для

существ, устроенных подобно нам.

Можно сказать, что топография Марса в настоящее время образует отдельный раздел описательной астрономии. Количество деталей, которые становятся различными при внимательном рассмотрении маленького диска, который раз в пятнадцать лет достигает максимума примерно в  $1/5000$  площади полной луны, должно вызывать удивление и может вызвать недоверие. Ложные открытия, однако, имеют мало шансов удержаться там, где есть так много конкурентов, готовых как оспаривать, так и подтверждать.

Первая действительно хорошая карта Марса была составлена в 1869 году Проктором по рисункам Доуза. Кайзер Лейденский в 1872 году представил представление, основанное на данных, которые он сам предоставил в 1862-64 годах; и Терби в своей ценной *археографии*, представленной Брюссельской академии в 1873 году[992] тщательное обсуждение всех важных наблюдений со времен Фонтаны и ниже, таким образом, фактически дополняя знания путем их обобщения и переваривания. Памятное противостояние 5 сентября 1877 года ознаменовало новую эпоху в изучении Марса. Выполняя тригонометрическую съемку (первая попытка) диска необычного размера - 25 футов в поперечнике, Г. В. Скиапарелли, директор Миланской обсерватории, обнаружил новую и любопытную особенность. То, что было принято за марсианские континенты, оказалось на самом деле скоплениями островов, отделенных друг от друга сетью так называемых "каналов" (более правильно *channels*).[993] Очевидно, что это продолжения "морей", берущие начало и заканчивающиеся в них, имеющие общий серо-зеленый оттенок, но простирающиеся иногда по прямой на три или четыре тысячи миль и сохраняющие почти одинаковую ширину около шестидесяти миль. Дальнейшие исследования полностью подтвердили открытие, сделанное в обсерватории Брера. "Каналы" Марса - это действительно существующее и постоянное явление. Изучение рисунков, находящихся в его распоряжении, показало М. Терби, что они были замечены, хотя и не опознаны отчетливо, Доузом, Секки и Холденом; некоторые из них были независимо прослежены Бертоном при противодействии в 1879 году; все были восстановлены самим Скиапарелли в 1879 и 1881-82 годах; и их неопределенное умножение стало результатом наблюдений Ловелла в 1894 и 1896 годах.

Когда планета достигла кульминации в полночь и, следовательно, находилась в оппозиции, 26 декабря 1881 года, расстояние до нее

было больше, а видимый диаметр меньше, чем в 1877 году, в пропорции шестнадцать к двадцати пяти. Однако его атмосфера была более прозрачной, а наша представляла меньше препятствий для наблюдателей с севера, поскольку объект пристального внимания находился значительно выше в северном небе. Во всяком случае, никогда раньше истинный вид Марса не проявлялся так отчетливо, как в Милане, с помощью 8-3/4-дюймового рефрактора Merz обсерватории, в период с декабря 1881 по февраль 1882 года. Все каналы снова были на месте, но на этот раз они были — в целых двадцати случаях — *видны в двух экземплярах*. Иными словами, двойной канал проходил параллельно первоначальному с интервалом в 200-400 миль.[994]

Здесь мы сталкиваемся лицом к лицу с кажущейся неразрешимой загадкой. Скиапарелли рассматривает "прораствание" своих каналов как периодическое явление, зависящее от марсианских сезонов года. Это, несомненно, не иллюзия, поскольку это было ясно видно во время противостояния 1886 г. М. Перротену и Толлону в Ницце,[995] и первому, использующему новый 30-дюймовый рефрактор этой обсерватории в 1888 г.; г-н А. Стэнли Уильямс, с помощью всего 6-1 / 2-дюймового рефрактора этой обсерватории, отражатель, отчетливо различимый в 1890 году семь дубликатов объектов, отмеченных в Милане,[996] и наблюдения Лика, сделанные как в 1890, так и в 1892 годах, вместе с рисунками, сделанными во Флагстаффе и Мексике во время последних благоприятных противостояний девятнадцатого века, недвусмысленно подтвердили точность впечатлений Скиапарелли.[997] Для объяснения этого странного внешнего вида выдвигались различные предположения. Трудность представления о физической реальности, соответствующей этому, побудила прибегнуть к оптическому обоснованию. Проктор расценил это как эффект дифракции:[998] Станислас Менье, о косом отражении от вышележащих берегов тумана:[999] Фламарион считает возможным, что сопутствующие каналы могут при особых обстоятельствах возникать в результате преломления как своего рода мираж.[1000] Но ни одно из этих предположений на самом деле не допустимо, когда принимаются во внимание все факты. Мнение о том, что каналы Марса представляют собой обширные разломы из-за охлаждения земного шара, подтверждается тем обстоятельством, что они имеют тенденцию повторять большие круги; тем не менее, оно было бы опровергнуто, если бы, как утверждает Скиапарелли, колебания их видимости зависели от фактических разрушений и повторных чрезвычайных ситуаций. Какой бы фантастической ни казалась теория их искусственного происхождения, ее

придерживаются серьезные астрономы. Ее популярность во многом обусловлена изобретательной пропагандой мистера Лоуэлла. Он считает, что марсианский шар повсюду пересечен сложной системой ирригационных сооружений, необходимость в которых возникла из-за постоянной нехватки воды, периодически облегчаемой таянием полярных снегов. Он также не допускает существования океанов или озер. То, что было принято за таковые, на самом деле является участками, покрытыми растительностью, а светлые участки вперемежку с ними представляют песчаные пустыни. И в этой связи примечательно, что профессор Барнард получил в 1894 году,<sup>[1001]</sup> с помощью рефрактора great Lick, "наводящие на размышления и впечатляющие виды", раскрывающие детали света и тени на серо-зеленых пятнах, настолько сложные и мельчайшие, что почти исключают предположение об их водной природе.

Таким образом, близость земной аналогии в последнее время была значительно ослаблена. Даже если поверхность Марса состоит из суши и воды, их распределение должно быть совершенно оригинального типа. Повсеместное переплетение континентов с морскими рукавами (если это правильная интерпретация визуальных эффектов) подразумевает, что их уровни почти не различаются;<sup>[1002]</sup> и Скиапарелли убеждает большинство наблюдателей в том, что их очертания не являются абсолютно постоянными, переходы темных тонов в яркие предполагают обширные затопления.<sup>[1003]</sup> Наблюдения покойного Н. Э. Грина на Мадейре в 1877 году, с другой стороны, указали на суровую южную полярную область. Контур снежной шапки не только казался изрезанным, как будто долинами и мысами, но и за пределами белой области были различимы блестящие точки, приписываемые отдельным снежным вершинам.<sup>[1004]</sup> Еще более возвышенным, если объяснить аналогичным образом, должен быть "ледяной остров", впервые замеченный на сравнительно низких широтах Доузом в январе 1865 года.

4 августа 1892 года Марс находился напротив солнца на расстоянии всего 34 865 000 миль от земли. Таким образом, с точки зрения окрестностей его положение было едва ли менее благоприятным, чем в 1877 году. Низкая высота планеты, однако, практически нейтрализовала это преимущество для наблюдателей с севера, и общественные ожидания, которые были доведены до предела объявлениями любителей сенсаций, были несколько разочарованы "скудостью" достоверно полученных новостей с Марса. Ценные серии наблюдений были,

тем не менее, сделаны в Лике и Арекипе; и все они объединяются, свидетельствуя о подлинном преобладании изменчивости поверхности, особенно в определенных регионах промежуточного оттенка и, возможно, о "грубой консистенции" "заболоченных сыртов, ни моря, ни хорошей суши". Профессор Холден настаивал на "огромных трудностях на пути полного объяснения зарегистрированных явлений земными аналогиями";[1005] Мистер У. Х. Пикеринг говорил о "заметных и поразительных изменениях". Однако они лишь накладывались и частично маскировали общую стабильность. Среди новшеств, обнаруженных мистером Пикерингом, было несколько "озер", или "оазисов" (по терминологии Лоуэлла), в виде черных точек на стыках двух или более каналов;[1006] и он, не кто иной, как астрономы Лика и М. Перротен из Ниццы,[1007] наблюдал блестящие облака, выступающие за пределы терминатора или над лимбом, при вращении планеты. Казалось, они парили на высоте по меньшей мере двадцати миль, или примерно в четыре раза превышающей высоту земных перистых облаков; но в этом не было ничего удивительного, учитывая малую силу тяжести, действующую на них. Большой капитал в журналистских интересах был сделан на этих воображаемых сигналах от разумных марсиан, желающих установить связь с (для них) проблематичными земными существами. Подобные эффекты, однако, наблюдались ранее м-ром Кнобелем в 1873 году, М. Терби в 1888 году и в обсерватории Лика в 1890 году; и они были снова обнаружены с особой отчетливостью профессором Хасси в Лике 27 августа 1896 года. [1008]

Первая фотография Марса была сделана Гулдом в Кордове в 1879 году. Правда, до сих пор это искусство не оказало большой реальной услуги в определении планетарных границ, но все же в его активе должно быть записано одно достижение. Серия фотографий, полученных мистером У. Х. Пикерингом на пике Уилсона, Калифорния, 9 апреля 1890 года, показала южную полярную шапку Марса умеренных размеров, но с большой тусклой прилегающей областью. Двадцать четыре часа спустя, на соответствующей съемочной площадке, затемненная область была ослепительно белой. Тем временем полярная шапка увеличилась, по-видимому, из-за широко распространившихся снегопадов, в результате аннексии территории, равной территории Соединенных Штатов. Сезон на Марсе приближался к концу зимы. Никогда до тех пор процесс расширения ледников фактически (можно сказать) не контролировался на этом далеком земном шаре.



Марс был безвозмездно снабжен парой спутников задолго до того, как было установлено, что он действительно обладает ими. Кеплер интерпретировал анаграмму Галилея о "тройном" Сатурне именно в этом смысле; они были восприняты Микромегасом во время его долгого путешествия в космосе; а лапутанские астрономы даже получили удивительно точные в данных обстоятельствах сведения об их расстояниях и периодах. Но земные наблюдатели ничего не могли увидеть до ночи 11 августа 1877 года. Планета находилась тогда в пределах одного месяца от своего второго ближайшего сближения с землей за последнее столетие; а в 1845 году 26-дюймового рефрактора Вашингтона еще не существовало.<sup>[1009]</sup> Профессор Асаф Холл, соответственно, решил использовать гипотезу для исчерпывающего исследования окрестностей Марса. Держа свой сверкающий диск прямо за пределами поля зрения, 11 августа было "замечено" крошечное сопутствующее пятнышко света. Однако вмешалась плохая погода, и только 16-го числа было установлено, что это то, чем казалось, - спутник. На следующий вечер была обнаружена вторая, еще более близкая к первичной, которая из-за ошеломляющей скорости своих перемещений туда-сюда поначалу производила впечатление целой толпы маленьких лун.<sup>[1010]</sup>

С тех пор оба этих деликатных объекта неоднократно наблюдались как в Европе, так и в Америке, даже с помощью сравнительно небольших приборов. Действительно, во время противостояния 1884 года расстояние от планеты было слишком велико, чтобы позволить обнаружить оба объекта где-либо еще, кроме Вашингтона. Но экваториальный анализ показал их 18 июля 1888 года, когда их яркость составляла всего  $0 \cdot 12$  от величины на момент их обнаружения; так что теперь за ними можно следить в течение значительного времени до и после наименее благоприятных противостояний.

Выбранные для них имена были взяты из "Илиады", где "Деймос" и "Фобос" (Страх и Паника) представлены как товарищи в битве при Аресе. Во многих отношениях они представляют собой интересные и примечательные тела. Что касается размеров, то можно сказать, что они находятся на полпути между метеоритами и спутниками. На основании тщательных фотометрических измерений, проведенных в Гарварде в 1877 и 1879 годах, профессор Пикеринг пришел к выводу, что их диаметры составляют соответственно шесть и семь миль.<sup>[1011]</sup> Это при условии, что они отражают ту же долю падающего на них света, что и их первичный источник. Но вполне может быть, что они



менее рефлексивны, и в этом случае они были бы более обширными. Альbedo Марса ставят Мюллера в 0.27; его поверхность, другими словами, возвращает 27 процентов. лучи били. Если мы сравняем альbedo его спутников с альbedo нашей Луны, равным  $0.17$ , их диаметры увеличатся с 6 и 7 до  $7.1 / 2$  и 9 миль, при этом внутренний Фобос будет больше. Мистер Лоуэлл, однако, составил значительно большую оценку их размеров.<sup>[1012]</sup> Интересно отметить, что Деймос, согласно очень четкому восприятию профессора Пикеринга, не имеет красноватого оттенка Марса.

Деймос совершает свой почти круговой оборот за тридцать часов восемнадцать минут на расстоянии 12 500 миль от поверхности своего небесного тела; Фобос пересекает эллиптическую орбиту<sup>[1013]</sup> за семь часов тридцать девять минут двадцать две секунды на расстоянии всего 3760 миль. Это единственный известный случай, когда спутник вращается быстрее, чем его первичный спутник, и это обстоятельство имеет определенное значение с точки зрения теорий планетарного развития. Для марсианского наблюдателя любопытный эффект возник бы, если бы небесный объект, на первый взгляд не связанный с общим движением сферы, восходил на западе, заходил на востоке и достигал кульминации дважды или даже трижды в день; более того, на широтах выше  $69^\circ$  северной или южной широты он был бы постоянно и полностью скрыт промежуточной кривизной земного шара.

Обнаружение новых элементов Солнечной системы стало одним из самых обычных астрономических событий. С 1846 года не проходило ни одного года без того, чтобы не были обнаружены астероиды. Только в последнем из семидесятих годов на фоне скопления звезд, среди которых они, по-видимому, движутся, было выделено целых двадцать миниатюрных планет; 1875 год принес семнадцать таких распознаваний; в 1881 году их число достигло как минимум одной; оно увеличилось в 1882 году и снова в 1886 году до одиннадцати; упало до шести в 1889 году и увеличилось с помощью фотографии до двадцати семи в 1892 году. С тех пор этот высокий уровень в среднем сохраняется; и на 1 января 1902 года было обнаружено, что почти 500 астероидов вращаются между орбитами Марса и Юпитера. Из них значительно более сотни заявлены только одним исследователем - доктором Макс Вольф из Гейдельбурга; М. Шарлуа из Ниццы занимает второе место со 102 очками; в то время как среди более

ранних наблюдателей Палиса из Вены набрал 86 очков, а Ч. Х. Ф. Питерс из Клинтон (Нью-Йорк), чья разнообразная и полезная карьера завершилась 19 июля 1890 года, набрал 52 очка в общем зачете.

Составление Чакорнаком и его преемниками в Париже, а совсем недавно Питерсом в Клинтоне эклиптических карт, показывающих все звезды вплоть до тринадцатой и четырнадцатой звездных величин соответственно, сделало выделение движущихся объектов с яркостью выше этой простым вопросом времени и усердия. Однако и то, и другое значительно экономится благодаря фотографическому методу. Утомительные сравнения неба с картами больше не нужны для идентификации незарегистрированных, поскольку моделируемых звезд. Планетарные тела заявляют о себе, появляясь на пластинке не в круговой, а в линейной форме. Их движение преобразует изображения в следы, длинные или короткие, в зависимости от времени экспозиции. Первый астероид (№ 323), обнаруженный таким образом, был обнаружен Максом Вольфом 22 декабря 1891 года.<sup>[1014]</sup> Восемнадцать других были аналогичным образом обнаружены в 1892 году тем же искусным оператором; и еще десять благодаря принятию Шарлуа в Ницце нового плана, который сейчас используется исключительно для обнаружения блуждающих световых пятен. Гораздо более сложной задачей, чем их обнаружение, является сохранение их в поле зрения после того, как они были обнаружены, — отслеживание их траекторий, определение их местоположения и расчет возмущающего воздействия на них могучей массы Юпитера. Эти сложные операции были централизованы в Берлине под руководством профессора Титъена, а их результаты доводятся до сведения общественности через *Berliner Astronomisches Jahrbuch*.

Тот *цуй боно*? однако начал волноваться. Стоило ли содержать штат астрономов с единственной целью - сохранить идентичность бесчисленных составляющих частиц космического кольца? Перспектива того, что все астероиды, за исключением нескольких избранных, будут выброшены их презрительными захватчиками в космическое море, казалась настолько неминуемой, что профессор Уотсон усилием воли выступил против списания двадцати двух, открытых им самим. Но благосостояние всей семьи улучшилось благодаря отличию, полученному одним из них. 14 августа 1898 года след быстро движущегося звездообразного объекта одиннадцатой величины отпечатался на

пластине, выставленной герром Виттом в обсерватории Урания в Берлине. Его создатель оказался уникальным среди астероидов. "Эрос", по сути,

"одна из тех таинственных звезд, Которые прячутся между Землей и Марсом",

угадано или вообразлено Шелли.[1015] Верно, несколько его сородичей время от времени вторгаются в марсианскую сферу; но собственно среда обитания Эроса находится в пределах этого предела, хотя его экскурсии выходят за его пределы. Другими словами, его среднее расстояние от солнца составляет около 135, по сравнению с марсианским расстоянием в 141 миллион миль. Кроме того, поскольку его орбита настолько удачно сложилась, что раз в шестьдесят семь лет он оказывается на расстоянии примерно 15 миллионов миль от земли, он представляет исключительную ценность для астрономов. Вычисление его движений было значительно облегчено обнаружением в ходе ретроспективного поиска[1016] многих его линейных изображений среди звездных точек на гарвардских табличках.[1017] Маленькое тело, диаметр которого едва ли превышает двадцать миль, демонстрирует особенности поведения, а также положения. Доктор фон Оппольцер, в феврале 1901 г.,[1018] объявил, что он широко и быстро изменяется. Однажды за 2 часа 38 минут он потерял около трех четвертей своего света,[1019] но эти колебания быстро уменьшились в диапазоне, а в начале мая и вовсе прекратились.[1020] Очевидно, что они зависят от положения астероида относительно нас; и до сих пор события благоприятствовали М. Гипотеза Андре о затмении, поскольку взаимное затмение предполагаемых планет-близнецов могло произойти только тогда, когда плоскость их обращения проходила через землю, и это условие было бы преходящим. Тем не менее, признание в Эросе "алгольского астероида" представляется неприемлемым по другим причинам;[1021] и до тех пор, пока явление не возобновится — как это, вероятно, произойдет при противостоянии 1903 года — нельзя надеяться найти ему соответствующее объяснение.

Множество орбит, обнаруженных при обнаружении астероидов, требуют внимательного изучения. Д'Аррест заметил в 1851 году, [1022] когда было известно только тринадцать малых планет, то, предполагая, что их пути представлены сплошными кольцами, ни одна из тринадцати не могла быть поднята со своего места, не увлекая за собой остальные. Сложность проиллюстрированных таким образом переплетенных следов выросла почти в той же

количественной пропорции, что и количество открытий. Однако на самом деле ни одна из них не пересекается, потому что нет двух, лежащих точно в одной плоскости, так что шансы столкновения в настоящее время *равны нулю*. Действительно, есть только один случай, когда это, по-видимому, в конечном итоге возможно. М. Леспио указал, что кривые, пройденные "Фидесом" и "Майей", сближаются настолько близко, что может наступить время, когда рассматриваемые тела либо сольются, либо объединятся в двойную систему.[\[1023\]](#)

Лабиринт, пронизанный 500 астероидами, разительно контрастирует с гармонично упорядоченными и ритмично разделенными орбитами более крупных планет. И все же кажущаяся неразбериха не лишена плана.

Установленные правила нашей системы далеко не полностью игнорируются ее второстепенными участниками. Орбита Паллады с ее наклоном  $34^{\circ} 42'$  касается предела отклонения от уровня эклиптики; средний наклон траекторий астероидов несколько меньше, чем у солнечного экватора;[\[1024\]](#) их средний эксцентриситет ниже, чем у кривой, очерченной Меркурием, и все без исключения движутся в направлении планеты — с запада на восток.

Зона, в которой движутся эти маленькие тела, примерно в три раза шире интервала, отделяющего землю от Солнца. Она простирается в опасной близости от Юпитера и входит в сферу Марса.

Их распределение очень неравномерно. Наиболее плотно они собраны вокруг того места, где, согласно Закону Бодя, должна вращаться отдельная планета; действительно, можно сказать, что только отставшие от основного тела находятся на расстоянии более пятидесяти миллионов миль в пределах среднего расстояния от Солнца, в 2,8 раза превышающего земное, или без него. Значительные пробелы возникают также там, где, по-видимому, действует какая-то сила, препятствующая их присутствию. Вероятная природа этой силы была предложена покойным профессором Кирквудом, сначала в 1866 году, когда число известных астероидов составляло всего восемьдесят восемь, и снова с большей уверенностью в 1876 году, после изучения списка, который тогда достиг 172.[\[1025\]](#) Похоже, что эти пустые пространства находятся как раз там, где период вращающегося тела был бы связан простым соотношением с

периодом Юпитера. Он совершал два или три круга к его единице, пять к его двойке, девять к его пятерке и так далее. Вывод Кирквуда состоял в том, что рассматриваемые промежутки были очищены от астероидов притягательным влиянием Юпитера. Поскольку возмущения, повторяющиеся раз за разом — вследствие соизмеримости периодов — почти в одной и той же части орбиты, накапливались бы до тех пор, пока форма этой орбиты заметно не изменилась бы. Перемещенное таким образом тело вошло бы в контакт с другими космическими частицами того же семейства, что и оно само, — тогда, можно предположить, рассеянное более равномерно, чем сейчас, — слилось бы с ними и навсегда покинуло свой первоначальный путь. Таким образом, области максимального возмущения постепенно освободились бы от своих обитателей.

Мы едва ли можем сомневаться в том, что этот закон соизмеримости в значительной степени повлиял на нынешнее распределение астероидов. Но его воздействие, должно быть, было произведено, когда они все еще находились в неоформленном, возможно, туманном состоянии. В системе, допускающей значительные модификации в результате возмущения, повторение соединений с доминирующей массой в одной и той же точке орбиты не обязательно влечет за собой нестабильность.[1026] В целом, соответствие фактов гипотезе Кирквуда не пострадало от их более обильного сбора.[1027] Некоторые пропасти второстепенной важности действительно преодолены; но основные выделяются более заметно из-за более плотного рассеяния орбит вблизи их границ. Нет сомнений и в том, что они каким-то образом возникли под влиянием Юпитера. Исследование М. де Фрейсине проблемы, которую они представляют[1028], однако, привело его к выводу, что они существовали *изначально*, что свидетельствует скорее о превентивной, чем о возмущающей силе планеты-гиганта.

Существование также многочисленных пар астероидов, движущихся примерно по совпадающим траекториям, должно относиться к далекой древности. Профессор

Кирквуд [ГИПЕРССЫЛКА \](#)

"Xd896acf76ec4318f805e1ddc95e7bfb4f5ea48c" \h[1029]

Леверье в 1853 году установил, что[1030] одна четвертая массы земли является внешним пределом для суммарных масс всех тел, обращающихся между Марсом и Юпитером; но маловероятно, что этот максимум вообще приближен. М. Берберих[1031] утверждал, что луна более чем перевесит их все вместе, поскольку, по его

мнению, для формирования ее массы необходим миллион меньших тел, сияющих как звезды двенадцатой величины. И М. Нистен подсчитал, что все 216 астероидов, открытых до августа 1880 г., составляли по *объему* лишь 1/4000 часть нашего земного шара,[1032] и мы можем смело добавить — поскольку они с достаточной долей уверенности легче, чем Земля, — что их пропорциональная *масса* еще меньше. Довольно согласующийся результат был опубликован в 1895 году г-ном Б. М. Росцелем. [1033] Он обнаружил, что лунный шар, вероятно, содержит в сорок, земной шар в 3240 раз больше количества вещества, распределенного среди первых 311 малых планет. Теперь можно сказать, что фактический размер некоторых из них известен. Профессор Пикеринг, исходя из определения интенсивности света, присвоил Весте диаметр 319 миль, Палладе - 167, Юноне - 94, снизив до двенадцати и четырнадцати для меньших членов группы.[1034] В качестве основы расчета было принято альbedo, равное альbedo Марса. Более того, профессор Г. Мюллер[1035] из Потсдама исследовал фотометрически фазы семи из них, из которых было обнаружено, что четыре, а именно Веста, Ирис, Массалия и Амфитрита, точно соответствуют поведению Марса в отношении изменения освещенности в зависимости от положения, в то время как Церера, Паллада и Ирина менялись подобно тому, как Луна и Меркурий. Следовательно, было сделано заключение, что первая группа напоминает Марс по физическому строению, характеру атмосферы и отражающей способности; вторая - что это тела, подобные Луне.

Наконец, профессор Барнард, непосредственно измерив с помощью рефрактора Йеркса мельчайшие диски, представленные оригинальным квартетом, получил следующие достоверные данные о них:[1036] Диаметр Цереры 477 миль, альbedo = 0.18; диаметр Паллады 304 мили, альbedo = 0.23; диаметр Весты 239 миль, альbedo = 0.74; диаметр расстояние от Юноны 120 миль, альbedo = 0.45. Таким образом, оказывается, что ранг главного астероида принадлежит Церере и что он был ошибочно присвоен Весте из-за ее обманчивого блеска. Трудно сказать, на какую поверхность это указывает. Ослепительную белизну снега вряд ли можно приписать голой скале; однако динамическая теория газов — как указал доктор Джонстон Стоуни в 1867 году[1037]— запрещает предположение, что тела с незначительной гравитационной силой могут обладать воздушной оболочкой. Подсчитано, что даже наша луна не могла бы постоянно удерживать частицы кислорода, азота или газообразной воды от улетучивания в бесконечное пространство; еще меньше - земной шар, в тысячу раз меньший. Подозрение Фогеля о воздушной

линии в спектре Весты[1038], соответственно, не подтвердилась.

Пересекая зону астероидов на нашем пути к удалению от Солнца, мы встречаемся с группой тел, сильно отличающихся от "низших" планет, или планет земной группы. Их гигантский размер, низкий удельный вес и быстрое вращение, очевидно, с самого начала выделили "высшие" планеты в отдельный класс; а современные исследования добавили к ним еще более существенные качества, связанные с непохожим физическим строением. Юпитер, огромный шар диаметром 86 000 миль, занимает среди них выдающееся место. Однако он всего лишь *primus inter pares*; все более широкие выводы относительно его состояния могут быть с небольшим риском ошибки распространены и на его товарищей; и выводы в его случае основаны на более надежных основаниях, чем в случае с другими, на преимуществах, которые дает его сравнительная близость для наблюдения в телескоп.

Характерным современным открытием, касающимся Юпитера, является то, что он представляет собой тело, находящееся на полпути между солнечной и земной стадиями космического существования — распадающееся солнце или развивающаяся земля, как мы предпочитаем это называть, — чьи огромные неизрасходованные запасы внутреннего тепла в основном, если не исключительно, эффективны для создания внутренних волнений, о которых свидетельствуют меняющиеся черты его видимого диска. Эта точка зрения, внушенная современным читателям популярными работами мистера Проктора, была предвосхищена в прошлом столетии. Buffon wrote in his *Époques de la Nature* (1778):[1039]—"La surface de Jupiter est, comme l'on sait, sujette à des changemens sensibles, qui semblent indiquer que cette grosse planète est encore dans un état d'inconstance et de bouillonnement."

Примитивное свечение, сопутствующее, по его фантастическому представлению, происхождению планет в результате столкновения комет с солнцем, в сочетании, заключил он, с огромной массой привело к такому результату. Юпитер еще не успел остыть. Кант думал аналогично в 1785 году:[1040] но идея не понравилась астрономам того времени и выпала из поля зрения, пока мистер Нэсмит не вернулся к ней заново в 1853 году. [1041] Однако земные аналогии все еще оставались в силе. Темные пояса, идущие параллельно экватору, впервые



замеченные в Неаполе в 1630 году, по—прежнему ассоциировались - как и Гершель связал их в 1781 году — с пассатами Юпитера, при поднятии которых недостаточная мощность солнца должна была компенсироваться дополнительной скоростью вращения. Но на этом нельзя было останавливаться на достигнутом.

В 1860 году Г. П. Бонд из Кембриджа (США) получил некоторые замечательные указания из экспериментов со светом Юпитера. [1042] Они показали, что планета отражает в четырнадцать раз больше фотографических лучей, падающих на нее, чем наша Луна, и что, в отличие от Луны, которая посылает свои самые плотные лучи с окраин, Юпитер ярче всего вблизи центра. Но самой озадачивающей частью его результатов было то, что Юпитер, казалось, на самом деле излучал больше света, чем получал сам. Бонд, однако, справедливо считал свои данные слишком неопределенными для поддержки такого смелого предположения, как исходная светимость, и, даже если бы присутствие естественного света было доказано, полагал, что оно может исходить от полярных сияний земного типа. Концепция солнцеподобной планеты все еще была отдаленной и казалась экстравагантной.

Только с тех пор, как она была принята и введена в действие Зеллнером в 1865 году, [1043] ее можно рассматривать как навсегда приобретенную для науки. Он отметил, что быстрые изменения в облачных поясах как Юпитера, так и Сатурна свидетельствуют о высокой внутренней температуре. Ибо мы знаем, что все атмосферные движения на земле - это солнечное тепло, преобразованное в движение. Но солнечное тепло на расстоянии от Юпитера обладает здесь лишь  $1/27$ , а от Сатурна -  $1/100$  его силы. Таким образом, очевидно, что большое количество энергии, проявляющееся на этих отдаленных небосводах, должно иметь какой-то другой источник, который нельзя найти нигде, кроме как в их собственных активных и всепроникающих огнях, еще не покрытых толстой твердой коркой.

Тот же проникательный исследователь подробно остановился в 1871 году на [1044] на сходстве режимов вращения больших планет и солнца, применяя одни и те же принципы объяснения к каждому случаю. Факт этого сходства несомненен. Кассини [1045] и Шретер оба заметили, что отметины на Юпитере перемещались быстрее, чем ближе они были к его экватору; и Кассини даже намекнул на их возможную ассимиляцию с солнечными пятнами. [1046] В настоящее время хорошо установлено, что, как правило



(не без исключений), экваториальные пятна дают период примерно на 5-1/2 минуты короче, чем в широтах около 30°. Но, как указал мистер Деннинг,<sup>[1047]</sup> ни один отдельный период не удовлетворит наблюдениям ни разных отметин в одну и ту же эпоху, ни одних и тех же отметин в разные эпохи. Ускорения и замедления, в зависимости от процессов роста или изменений, происходят почти таким же образом, как и в солнечных пятнах, что неизбежно предполагает сходство происхождения.

Интересный вопрос о накале поверхности Юпитера изучался со времен Бонда с помощью всех приборов, которыми современная изобретательность снабдила исследователей физики, однако на него не было получено категорического ответа. Зеллнер в 1865 году и Мюллер в 1893 году оценили его альбедо в 0.62 и 0.75 соответственно, альбедо свежевыпавшего снега - 0.78, а белой бумаги - 0.70.<sup>[1048]</sup> Но диск Юпитера ни в коем случае не чисто белый. Общий фон окрашен охрой; полярные зоны свинцового или палевого цвета; большие пространства иногда окрашены или переливаются шоколадно-коричневыми и розовыми оттенками. Иногда можно увидеть, что он протянулся от полюса к полюсу темными полосами и никогда полностью не бывает свободен от неясных отметин. Таким образом, отражение от него в целом составляет около 70 процентов. из лучей, падающих на него, вполне можно предположить какое-то оригинальное усиление.

Тем не менее спектроскоп мало поддерживает предположение о каком-либо значительном постоянном излучении света. Спектр Юпитера, исследованный Хаггинсом, 1862-64, и Фогелем, 1871-73, показывает знакомые лучи Фраунгофера, относящиеся к отраженному солнечному свету. Но на нем также видны линии естественного поглощения.

Некоторые из них идентичны тем, которые образуются под действием нашей собственной атмосферы, особенно одна или несколько групп из—за водяных паров; другие неизвестного происхождения; и примечательно, что одна из последних — ярко выраженная полоса красного цвета - совпадает по положению с темной линией в спектрах некоторых красноватых звезд.<sup>[1049]</sup> Кроме того, наблюдается общее поглощение голубых лучей, усиленное, как наблюдал Ле Сюер в Мельбурне в 1869 г.<sup>[1050]</sup>— в темных отметинах, очевидно, через увеличение глубины в слоях атмосферы, проходимых исходящим от них светом.

Однако все эти наблюдения (исключая звездную линию как имеющую сомнительное значение) указывают на прохладную

атмосферу планеты. Правда, один спектрограф, сделанный доктором Генри Дрейпером 27 сентября 1879 г.,<sup>[1051]</sup>, по-видимому, подтверждает действие собственного света; но доктор Фогель с убедительной ясностью указал на дефект пленки.<sup>[1052]</sup> Таким образом, до сих пор не было обнаружено собственных излучений ни с одной части разнообразной поверхности Юпитера; и, действительно, чернота теней, отбрасываемых его спутниками на его диск, достаточно доказывает, что он не излучает практически ничего, кроме отраженного света.<sup>[1053]</sup> Этот вывод, однако, ни в коем случае не отменяет заключения о его высокой внутренней температуре.

Любопытные явления, сопровождающие транзиты спутников Юпитера, могут быть объяснены частично эффектами контраста, частично временными затемнениями маленьких дисков, проецируемых на большой диск Юпитера. При первом появлении на его краевых частях, которые в несколько раз менее светящиеся, чем те, что ближе к центру, они неизменно проявляются в виде ярких пятен, затем обычно исчезают по мере того, как фон приобретает блеск, чтобы снова появиться после пересечения диска, рельефно выделяясь, как и раньше, на фоне темного края. Но случаи нередки, особенно когда третий и четвертый спутники выделяются на протяжении всей средней части своего курса в такой чернильной темноте, что их можно принять за их собственные тени. Самым ранним свидетелем "черного транзита" был Кассини 2 сентября 1665 года; Ремер в 1677 году и Маральди в 1707 и 1713 годах сделали аналогичные наблюдения, которые были умножены в последние годы. В некоторых случаях процесс потемнения явно сопровождался образованием или появлением в поле зрения пятен на пролетающем теле, как отметили два Бонда в Гарварде 18 марта 1848 г.<sup>[1054]</sup> Третий спутник был замечен Доузом наполовину темным, наполовину ярким при пересечении диска Юпитера 21 августа 1867 г.;<sup>[1055]</sup> на треть темный Дэвидсоном из Калифорнии, 15 января 1884 г., при тех же обстоятельствах;<sup>[1056]</sup> и безошибочно обнаружена как на планете, так и за ее пределами Шретером, Секки, Доузом и Ласселлом.

Первый спутник иногда выглядит темным, но никогда не бывает абсолютно черным, когда движется по диску Юпитера. Второй кажется равномерно белым — обстоятельство, приписываемое доктором Спиттой<sup>[1057]</sup> его высокому альбедо. Совершенно разные аспекты третьего и четвертого спутников, даже во время последовательных прохождений, связаны профессором Холденом<sup>[1058]</sup> с различной светимостью сегментов поверхности

планеты, на которые они проецируются, и У. Х. Пикеринг склоняется к тому же мнению; но колебания их собственной яркости[1059] может быть сопутствующей причиной. Гершель пришел к выводу в 1797 году, что, подобно нашей Луне, они всегда обращены одной и той же стороной к своему главному спутнику, а что касается внешнего спутника, исследования Энгельмана в 1871 году и К. Э. Бертон в 1873 году сделали это почти несомненным; в то время как для третьей и четвертой лун Юпитера это было полностью подтверждено наблюдениями У. Х. Пикеринга и А. Э. Дугласа в Арекипе в 1892 году,[1060] и во Флагстаффе в 1894-95 годах.[1061] Однако, как ни странно, внутренние элементы системы сохранили относительно быстрое вращение, несмотря на огромное сдерживающее влияние на нее приливов, поднятых Юпитером.

Достоверно установлено, что все спутники имеют более или менее яйцевидную форму. 8 сентября 1890 года Барнард впервые увидел удлинненное и разделенное пополам ярким экваториальным поясом во время одного из его темных проходов; [1062] и его наблюдение, повторенное 3 августа 1891 года, было полностью подтверждено Шеберле и Кэмпбеллом, которые, кроме того, установили, что более длинная ось вытянутого тела направлена к центру Юпитера.[1063] Эллиптичность его спутников была определена Пикерингом и Дугласом; действительно, эллиптичность № 3 была задолго до этого замечена Секки.[1064] На № 3 также показаны экваториальные полосы, замеченные в 1891 году Шеберле и Кэмпбеллом,[1065] и обнаруженные позже Пикерингом и Дугласом;[1066] нам также не нужно стесняться признать подлинными их записи о похожих, хотя и менее заметных отметках на других спутниках. Таким образом, было неожиданно высказано предположение о строении, аналогичном строению самого Юпитера; и обнаружение Фогелем линий — или следов линий — в их спектрах, совпадающих с поглощающими лучами, полученными от их первичного источника, подтверждает гипотезу о том, что они обладают газовой оболочкой, подобной его.

Система Юпитера в том виде, в каком она была открыта Галилеем и исследована Лапласом, внешне казалась настолько симметричной, а во внутреннем механизме проявлялись такие гармоничные динамические отношения, что ее вполне можно было считать завершенной. Тем не менее, к нему был добавлен новый участник. Около полуночи 9 сентября 1892 года профессор Барнард разглядел с помощью телескопа диаметром 36 дюймов "крошечное пятнышко света", которое внимательно следило за

планетой.[1067] Он мгновенно разгадал его природу, проследил за его поспешным исчезновением в ближайшем сиянии и убедился в реальности своего открытия следующей ночью. Все это было деликатным делом: лилипутское светило становилось невидимым при малейшем проблеске света Юпитера и задерживалось, лишь на короткие промежутки времени, достаточно далеко от диска, чтобы его можно было исключить с помощью закрывающей пластины. По оценкам, новый спутник имеет тринадцатую звездную величину, и, если его ближайший сосед Ио (спутник № 1) отражает свет в равной степени, его диаметр должен составлять около ста миль. Он вращается на расстоянии 112 500 миль от центра Юпитера и 68 000 миль от его выпуклой экваториальной поверхности. Его период в 11 часов 57 минут 23 секунды всего на два часа больше периода вращения Юпитера, так что Фобос по-прежнему остается уникальным примером вторичного тела, вращающегося быстрее, чем его первичное. Самый внутренний спутник Юпитера в своих движениях строго, фактически неизбежно соответствует плоскости его экваториального выступа, следуя, однако, по явно эллиптической траектории, главная ось которой находится в быстром вращении.[1068] Сама ее незначительность вызывает подозрение, что она может оказаться не единственной. Возможно, он принадлежит к зоне, населенной спутниками-астероидами. Более пятнадцати тысяч таких маленьких тел можно было бы изготовить из материалов одного полноразмерного спутника, испорченного при изготовлении. Но пока мы должны довольствоваться констатацией факта, не пытаясь проникнуть в смысл его существования. Для его восприятия необходима очень высокая и очень тонкая телескопическая способность. За пределами Соединенных Штатов это наблюдалось очень мало. Мы считаем, что единственными приборами, успешно используемыми в этой стране для его обнаружения, являются 5-футовый отражатель доктора Коммона и 25-дюймовый рефрактор мистера Ньюолла.

В ходе своих наблюдений за Юпитером в Брюсселе в 1878 году М. Нистен был поражен розовым облаком, прикрепленным к беловатой зоне под темной южной экваториальной полосой.[1069] Его размер был огромным. На расстоянии от Юпитера его измеренные размеры 13 на 3 дюйма подразумевали реальное расширение по долготе на 30 000 миль, по широте - чуть меньше 7000 миль. Самое раннее упоминание о его появлении, по-видимому, принадлежит профессору Притчетту, директору обсерватории Моррисона (США), который вычислил и описал его 9 июля 1878 года.[1070] Это было снова очерчено 9 августа

Темпелем во Флоренции.[1071] В следующем году он привлек внимание почти каждого владельца телескопа. Его цвет к тому времени стал насыщенным кирпично-красным и контрастировал с белым экваториальным пятном необычной яркости. В течение трех последующих лет эти замечательные объекты продолжали служить наглядной и поразительной иллюстрацией сложной природы вращения планеты. Красное пятно совершило круг за девять часов пятьдесят пять минут тридцать шесть секунд; белое пятно примерно на пять с половиной минут меньше. Таким образом, их *относительное* движение составляло не менее 260 миль в час, и они сближались на одном меридиане с интервалом в сорок четыре дня десять часов сорок две минуты. Однако ни один из них не сохранял постоянно одну и ту же равномерную скорость передвижения. Период каждого из них удлинился на несколько секунд в 1883 году, в то время как в положении белого пятна наблюдались внезапные смещения, связанные с восстановлением блеска после повторяющихся исчезновений, [1072], напоминающие скачок вперед возрождающегося солнечного пятна. Возрождение объекта-компаньона привело к прямо противоположному эффекту. Будучи наполовину вымершим в 1882-84 годах, он практически не утратил подвижности; но новый всплеск замедления был замечен профессором Янгом[1073] в связи с его осветлением в 1886 году. Это очень убедительно свидетельствует о том, что красное пятно *питается снизу*. Сияющий ореол "faculæ", описанный Бредихиным в Москве и Лозе в Потсдаме как окружавший его в сентябре 1879 г.,[1074] использовалась для усиления солнечной аналогии.

Видимость этого удивительного объекта сохранялась три года. Когда планета вернулась в оппозицию в 1882-83 годах, она настолько сильно потускнела, что неуверенный проблеск Рикко в Палермо 31 мая 1883 года, как ожидалось, был последним. Тем не менее, в декабре он начал восстанавливаться и в начале 1886 года предстал перед мистером Деннингом во многом в том же виде, что и в октябре 1882 года.[1075] Наблюденное им на промежуточной стадии, 25 февраля 1885 г., когда "это был всего лишь скелет самого себя", оно имело поразительное сходство с "эллиптическим кольцом", описанным на той же широте мистером Гледхиллом в 1869-70 годах. Это, действительно, можно было бы назвать предварительным эскизом знаменитого объекта, доведенного до совершенства десять лет спустя, но который мистер Х. К. Рассел из Сиднея увидел и нарисовал еще незаконченным в июне 1876 года,[1076] до того, как он отделился от своей матрицы, сумеречного южного тропического пояса. В

прежние времена также неоднократно наблюдалась маркировка "одновременно фиксированная и преходящая", прикрепленная к самому южному из центральных поясов. Это дало Кассини в 1665 году период обращения девять часов пятьдесят шесть минут, [1077] появлялся и исчезал восемь раз в течение следующих сорока трех лет, и в последний раз Маральди видел его в 1713 году. Однако он был намного меньше недавнего объекта и не отличался необычным цветом.[1078]

Тщательные наблюдения, сделанные над "Большим красным пятном" мистером Деннингом из Бристоля и профессором Хью из Чикаго, давали основания только для отрицательных выводов относительно его природы. Это, конечно, не представляло собой извержения вулкана на Юпитере; это ни в коем случае не было связано с почвой Юпитера — если это выражение вообще применимо к этой планете; это было не простое изображение светящейся массы в другом месте, окутанной клубящимися парами. Действительно, он определенно не был самосветящимся, поскольку спутник, спроецированный на него во время прохождения, был виден таким же ярким, как и на темных экваториальных полосах. Фундаментальным возражением против всех трех гипотез является то, что вращение пятна было переменным. Тогда оно не стояло на якоре, а свободно плавало. Некоторые утверждали, что его поверхность была понижена ниже среднего уровня облачности и что полость была заполнена парами. Профессор Уилсон, с другой стороны, наблюдая с помощью 16-дюймового экваториала обсерватории Гудселл в Миннесоте, получил стойкое впечатление, что объект "находится на более высоком уровне, чем другие отметки".[1079] Важнейший эксперимент по этому вопросу был предложен мистером Стэнли Уильямсом в 1890 году.[1080] Время, когда темное пятно, движущееся быстрее вдоль той же параллели, должно было обогнать красное пятно ближе к концу июля. Таким образом, представилась уникальная возможность определить относительные вертикальные глубины двух пластов, один из которых, как считалось, неизбежно должен проходить выше другого. Ни один прогноз не включал третью альтернативу, которую, тем не менее, приняло темное пятно. Оно обошло препятствие на своем пути, обогнув его южный край.[1081] Таким образом, это соединение ничего не дало, кроме дополнительного доказательства особого отталкивающего воздействия, оказываемого красным пятном на отметины в его окрестностях. Например, он постепенно вырыл глубокую бухту для своего жилья в сером поясе к северу от нее. Поначалу этот эффект не проявлялся постоянно. Предварительные раскопки были

проведены Швабе в Дессау 5 сентября 1831 года, а затем снова Трувелю, Барнардом и Элвинсом в 1879 году; однако в следующем году от них не осталось и следа. Его развитие можно проследить по прекрасным изображениям Юпитера доктора Беддикера, сделанным с помощью 3-футового отражателя в Парсонстауне с 1881 по 1886 год.[1082] Они записывают пояс как прямой в 1881 году, но с таким же сильным углублением с января 1883 года; и теперь впадина обещает пережить это место. Однако до тех пор, пока он сохраняется, силы, действующие в этом месте, могут незначительно утратить свою активность. Ибо следует помнить, что период вращения пояса короче, чем у красного пятна, которое, соответственно (как указал мистер Элвинс из Торонто), задерживает и отводит своей внутренней энергией поток текущей материи, всегда готовый заполнить свое естественное русло и преодолеть препятствие.

Знаменитое пятно было описано Килером в 1889 году как "бледно-розового цвета, немного светлее в середине. Его очертания представляли собой довольно правильный эллипс, обрамленный ярко-белыми облаками".[1083] Затухание, непрерывно продолжавшееся с 1887 года, было временно прервано в 1891 году. Возрождение, действительно, было кратким. Профессор Барнард писал в августе 1892 года: "Большое красное пятно все еще видно, но оно только что прошло через кризис, который, по-видимому, угрожал самому его существованию. В течение последнего месяца было практически невозможно уловить даже самый слабый след красного пятна, хотя постоянно возникающий залив в экваториальном поясе недалеко к северу от него, который был так тесно связан с историей красного пятна, был замечен как никогда. Однако теперь можно обнаружить следы всего пятна. По-видимому, над ним проходила затемняющая среда, которая теперь немного переместилась перед пятном".[1084]

Теперь объект всегда незаметен, а часто и практически невидим, и можно сказать, что он пассивно парит в окружающей среде. [1085] И все же под пеплом остаются искры. Розовый оттенок слегка окрасил его в апреле 1900 года,[1086] и ее абсолютный конец все еще может быть отдален.

Детальные исследования мистера Стэнли Уильямса поразительно продемонстрировали чрезвычайную сложность движений поверхности планеты. В 1896 году он перечислил[1087] девять основных течений, все они текут параллельно экватору, но несимметрично расположены к северу и югу от него и демонстрируют скудные признаки соответствия солнечному



правилу замедления с увеличением широты. Линейная скорость экваториального вращения планеты была спектроскопически определена Белопольским и Деландресом в 1895 году. Оба обнаружили, что она не дотягивает до расчетной скорости, откуда было выведено увеличение видимого диска за счет саморефракции.[1088]

Юпитер систематически фотографировался 36-дюймовым телескопом Lick во время противостояний 1890, 1891 и 1892 годов, изображение, полученное на пластинах (после восьмикратного прямого увеличения), имело один дюйм в диаметре. Измерения мистера Стэнли Уильямса и обсуждение декораций 1891 года показали высокую ценность собранных таким образом материалов, хотя можно увидеть гораздо больше мельчайших деталей, чем в настоящее время можно сфотографировать. На нескольких из этих снимков красное пятно выглядит как "очень отчетливо кольцевидное".[1089] Недавно компания Deslandres сфотографировала планету с помощью 62-футового рефрактора Медона.[1090] Крайняя актиническая слабость экваториальных полос была поразительно заметна на его пластинках.

В 1870 году мистер Рэнъярд[1091]— чья смерть 14 декабря 1894 года стала серьезной потерей для астрономии — действуя по более раннему предложению сэра Уильяма Хаггинса, собрал записи о необычных появлениях на диске Юпитера с целью изучения вопроса об их повторении через регулярные промежутки времени. Он пришел к выводу, что развитие более глубоких оттенков цвета и экваториальных отметин "иллюминатора", опоясывающих земной шар регулярным чередованием яркого и темного, согласуется, насколько можно было установить, с эпохами максимума солнечных пятен. Дальнейшие расспросы доктора Лозе в Боткампе в 1873 году[1092] подтвердили совпадение, которое *априори* было предсказано Зеллнером в 1871 году.[1093] Более того, г-н Деннинг в 1899 году привел отдельные и отчетливые доказательства десятилетних вспышек беспорядков в северных регионах с умеренным климатом.[1094] Действительно, можно считать само собой разумеющимся, что то, что Хан называет универсальным пульсом солнечной системы[1095] влияет на перипетии Юпитера; но закон этих перипетий далеко не так очевидно подчинен ритмическому потоку центральных возмущений, как некоторые земные явления. Великая планета, фактически сама являющаяся "полусолнцем",



может рассматриваться не только как источник, но и как получатель возмущающих воздействий, совокупное воздействие которых вполне может показаться неподчиняющимся какому-либо очевидному закону.

Вполне вероятно, что Сатурн находится на еще более ранней стадии планетарного развития, чем Юпитер. Он самый легкий по своим размерам из всех планет. Фактически, он плавал бы в воде. И поскольку его плотность, судя по величине его экваториального выпуклости, увеличивается в центре,<sup>[1096]</sup> отсюда следует, что удельный вес материалов, находящихся на поверхности, должен быть настолько низким, чтобы при любом вероятном предположении не соответствовать твердому или жидкому состояниям. Более того, главные аргументы в пользу высокой температуры Юпитера с еще большей силой применимы к Сатурну; так что можно заключить без особого риска ошибки, что значительная часть его громоздкого шара диаметром 73 000 миль состоит из нагретых паров, находящихся в активной и возбужденной циркуляции в процессе охлаждения.

Его уникальный набор придатков с середины прошлого века стал предметом поисков и плодотворных исследований, как теоретических, так и телескопических. Механическая проблема устойчивости колец Сатурна была оставлена Лапласом в очень неудовлетворительном состоянии. Рассматривая их как вращающиеся твердые тела, он указал, что они не могли бы сохранять свое положение, если бы их вес не был каким-либо образом распределен несимметрично; но не предпринял никаких попыток определить вид или величину неровностей, необходимых для обеспечения этой цели. Некоторые наблюдения Гершеля дали астрономам повод считать само собой разумеющимся выполнение условия, столь туманно постулируемого; и вопрос оставался нерешенным до тех пор, пока в 1850 году открытие темного кольца вновь не выдвинуло его на первый план.

Младший Бонд стал лидером среди современных наблюдателей в отрицании прочности конструкции. Колебания в его аспекте были, как он утверждал в 1851 году,<sup>[1097]</sup> несовместима с такой гипотезой. Тонкие темные линии разделения, часто обнаруживаемые в обоих ярких кольцах и столь же часто переходящие в незаметность, были обусловлены, по его мнению, истинным благородством их частиц и указывали на жидкое образование. Профессор Бенджамин Пирс из Гарвардского университета немедленно выступил с абстрактной демонстрацией

их непрочности.[1098] Потоки некоторой жидкости, более плотной, чем вода, были, по его утверждению, физической реальностью, породившей аномальный вид, впервые обнаруженный телескопом Галилея.

Механизмом колец Сатурна, предложенным в качестве предмета премии Адамса, занимался Джеймс Клерк Максвелл в 1857 году. Его расследование составляет основу всего, что в настоящее время известно по этому вопросу. Его результатом было показать, что ни твердые, ни жидкие кольца не могут продолжать существовать, и что единственно возможный состав системы - это совокупное множество несвязанных частиц, каждая из которых вращается независимо с периодом, соответствующим ее расстоянию от планеты.[1099] Эта идея образования спутников, что достаточно примечательно, несколько раз принималась во внимание и упускалась из виду. Впервые он был выдвинут Робервалем в семнадцатом веке, затем Жаком Кассини в 1715 году и с совершенной определенностью Райтом из Дарема в 1750 году.[1100] Однако мало внимания было уделено этим случайным ожиданиям истины, которая вновь появилась, фактически в новинку, как законный результат самых изысканных современных методов.

Детали телескопического наблюдения в целом превосходно согласуются с этой гипотезой. Смещения или исчезновение вторичных разделительных линий - своеобразный исчерченный вид, впервые отмеченный Шортом в восемнадцатом веке, последний — Перротеном и Локьером в Ницце 18 марта 1884 г. [1101]— показывают эффекты волн возмущения, проходящих через движущуюся массу гравитирующих частиц;[1102] ломаная и меняющаяся линия тени планеты на кольце свидетельствует о разнообразии плоскостей орбит, описываемых этими частицами. Вся кольцевая система также представляется несколько эллиптической.[1103]

Теория спутников получила неожиданную поддержку в результате фотометрических исследований. Профессор Зелигер указал в 1888 г.[1104] что неизменный блеск внешних колец при всех углах освещения, от  $0^\circ$  до  $30^\circ$ , не может быть объяснен ни с какой другой точки зрения. Не представляет никаких трудностей и строение неясного внутреннего кольца. Ибо она, несомненно, образована из таких же мелких тел, как те, что собраны в прозрачных членах системы, только гораздо более тонко разбросанных и, следовательно, отражающих гораздо меньше света. Действительно, поначалу нелегко понять, почему эти более

редкие пролеты должны проявляться как плотная темная тень на теле Сатурна. Тем не менее, это неизменно так. На этом возражении настаивал профессор Хастингс из Балтимора. Он отметил, что самые яркие части этих отростков,<sup>[1105]</sup> более блестящие, чем шар, который они окружают; но если внутреннее кольцо состоит из идентичных материалов, обладающих предположительно равной отражающей способностью, сам факт их скудного распределения не заставил бы их казаться темными на фоне того же шара. Профессор Зелигер, однако, ответил<sup>[1106]</sup>, что затемнение происходит из-за бесконечных скоплений их отдельных теней, пересекающих диск планеты. Солнечный свет, действительно, не исключен полностью. Многие лучи проникают между открытыми рядами метеоритов. Темное кольцо прозрачно. Заключенная в нем планета просвечивает сквозь него, как будто прикрытая полоской крепа. Прекрасная иллюстрация его качества в этом отношении была получена профессором Барнардом на примере затмения Япета 1 ноября 1889 года.<sup>[1107]</sup> Восьмая луна оставалась стабильно видимой во время своего прохождения через тень внутреннего кольца, но с постепенной потерей блеска при приближении к своему яркому соседу. Не было никакого нарушения непрерывности. Спутник не встретил промежутка, соответствующего промежутку между темным кольцом и телом Сатурна, через который он мог бы сиять неизменным светом, но постепенно терялся из виду по мере того, как погружался во все более глубокий мрак. Таким образом, были установлены важные факты о том, что блестящее и темное кольца сливаются друг с другом и что последнее истончается по направлению к шару Сатурна.

Метеоритное строение этих придатков было прекрасно продемонстрировано в 1895 году профессором Килером,<sup>[1108]</sup> тогдашний директор обсерватории Аллегани, Питтсбург. На спектрографах, сделанных с учетом совпадения щели с экваториальной плоскостью системы, он определил сравнительные лучевые скорости различных ее частей. И это является решающей проверкой теории Клерка Максвелла. Ибо, если бы кольца были сплошными, то наибольшие скорости вращения должны были бы приходиться на их внешние края, соответствующие более широким кругам, описанным за тот же период; в то время как, если они дисперсные, должно соблюдаться обратное соотношение. Это оказалось на самом деле так. Движение замедлилось наружу, в соответствии с уменьшением скорости частиц, свободно движущихся каждая по своей орбите. Результат Килера был незамедлительно подтвержден Кэмпбеллом,<sup>[1109]</sup> а также Деландресом и

Белопольским.

Вопрос, представляющий особый интерес и от постановки которого мы не можем удержаться, заключается в следующем: видим ли мы в кольцах Сатурна законченную структуру, предназначенную играть постоянную роль в экономике системы; или же они представляют собой просто стадию в процессе развития из хаотического состояния, в котором невозможно сомневаться в том, что материалы всех планет изначально были объединены. М. Отто Струве попытался дать определенный ответ на этот важный вопрос.

Изучение ранних и более поздних записей наблюдений показало ему в 1851 году очевидное постепенное приближение внутреннего края яркого кольца к планете. Скорость приближения он оценил примерно в пятьдесят семь английских миль в год, или 11 000 миль за 194 года, прошедшие со времен Гюйгенса.[1110] Если это будет продолжаться, коллапс системы должен быть далеко продвинут в течение трех столетий. Но было ли это изменение реальным или иллюзорным — правдоподобным, но обманчивым выводом из ненадежных данных? - М. Струве решил проверить это. Набор тщательно выполненных микрометрических измерений размеров колец Сатурна, выполненных им самим в Пулковской обсерватории осенью 1851 года, был предоставлен в качестве стандарта для будущих сравнений; и он получил возможность обновить их при почти аналогичных обстоятельствах в 1882 году.[1111] Но ожидаемого уменьшения пространства между шаром Сатурна и его кольцами не произошло. Действительно, был намек на небольшое расширение системы в ширину, как наружу, так и внутрь; и стоит отметить, что именно на такое разделение колец указывала теория Клерка Максвелла, так что существует *априорная* вероятность того, что оно продолжается. Тем не менее, измерения Холла в 1884-87 гг.[1112] не предоставили доказательств изменения со временем; и измерения Барнарда, выполненные в Лике в 1894-95 гг.,[1113] не показали заметных расхождений от них. Следовательно, нельзя придавать большого значения рисункам и описаниям Гюйгенса, которые, как считалось, убедительно доказывали частичное заполнение промежутка между кольцом и планетой с 1657 года.[1114]

Кольца Сатурна заменяют, по мнению профессора Г. Х. Дарвина, [1115] несостоявшийся спутник, рассеянный приливным действием в кольцевую форму. Ибо они расположены ближе к планете, чем это совместимо с целостностью вращающегося тела разумного объема. Предел возможного существования такой

массы был установлен Рошем из Монпелье в 1848 году.[1116] на  $2.44$  средних радиуса ее первичного элемента; в то время как внешний край кольцевой системы удален на  $2.38$  радиусов Сатурна от его центра. Таким образом, фактическое открытие его порошкообразного состояния датируется, по словам профессора Дарвина, 1848 годом. Он предполагает, что придаток в конечном итоге исчезнет, частично из-за рассеивания составляющих его частиц внутрь и их оседания на поверхности планеты, частично из-за их рассеивания наружу, в область за пределами "предела Роша", где слиянию могло бы беспрепятственно способствовать неравное притяжение. Тогда один скромный спутник, вращающийся внутри Мимаса, был бы всем, что осталось бы от тех необычных приспособлений, которые мы сейчас с восхищением созерцаем.

По-видимому, есть основания признать, что закон соизмеримости Кирквуда оказал некоторое влияние на нынешнее распределение вещества, из которых они состоят. Здесь влиятельными телами являются спутники Сатурна, в то время как деления и границы колец представляют собой пространства, где их возмущающее действие направлено на устранение вращающихся частиц. Кирквуд, фактически, показал в 1867 году.[1117] что тело, обращающееся в пропасти между яркими кольцами, известной как "деление Кассини", будет иметь период, почти соизмеримый с периодом *четырёх* из восьми лун; и Мейер из Женевы впоследствии вычислил все такие комбинации, в результате чего были выявлены совпадения между областями максимального возмущения и предельными и разделительными линиями системы. [1118] Это само по себе является убедительным подтверждением мнения, что кольца состоят из независимо вращающихся небольших тел.

7 декабря 1876 года профессор Асаф Холл обнаружил в Вашингтоне яркое экваториальное пятно на Сатурне, за которым он проследил и измерил более шестидесяти оборотов, каждый из которых совершался за десять часов четырнадцать минут двадцать четыре секунды.[1119] Это, как он осторожно добавил, обозначало период, не обязательно для *планеты*, но только для отдельного пятна. Единственным предыдущим определением осевого движения Сатурна (если не считать некоторых ненадежных оценок Шретера) было определение Гершеля в 1794 году, дающее период в десять часов шестнадцать минут. Существенная точность результата Холла была проверена мистером Деннингом в 1891 году.[1120] В мае и июне того же года мистер Стэнли Уильямс наблюдал десять неясных ярких отметин

вблизи экватора, которые определили по ним период вращения, всего на две секунды короче, чем определенный в Вашингтоне. Тем не менее, аналогично расположенные пятна давали в 1892 и 1893 годах заметно более высокие показатели;[\[1121\]](#) так что задача определения времени общего дрейфа поверхности Сатурна по смещениям таких объектов в неопределенной степени затруднена их собственными индивидуальными движениями.

Самый внешний спутник Сатурна, Япет, заметно меняется — настолько, что в самом ярком состоянии он посылает нам всего в  $4 \cdot 1 / 2$  раза больше света, чем в самом слабом. Более того, его колебания зависят от его орбитального положения таким образом, что делают его заметным объектом в телескоп, когда он находится к западу, и едва различимым, когда находится к востоку от планеты. Вывод Гершеля[\[1122\]](#) о частично затемненном шаре, поворачивающемся всегда одной и той же стороной к своему источнику света, кажется единственно допустимым и подтверждается измерениями Пикеринга различной интенсивности его света. Далее он заметил, что темные и блестящие полушария должны быть расположены так, чтобы разделить диск, если смотреть с Сатурна, почти на равные части; так что эта луна Сатурна, даже в "полнолуние", кажется очень слабо освещенной на половине своей поверхности.[\[1123\]](#)

Зеллнер оценил альбедо Сатурна в  $0 \cdot 51$ , Мюллер - в  $0 \cdot 88$ , что является невероятно высоким значением, учитывая, что спектр не содержит следов первоначального излучения. Очень похожий на Юпитер, он показывает характерную темную линию красного цвета (длина волны 618), которую мы можем назвать "линией красной звезды"; и Янссен с вершины Этны в 1867 году[\[1124\]](#) обнаружил в нем следы поглощения воды. Свет, исходящий от кольца, кажется чистым отраженным солнечным светом, не измененным первоначальным атмосферным воздействием.[\[1125\]](#)

Уран, при благоприятном расположении, можно легко увидеть невооруженным глазом как звезду между пятой и шестой звездными величинами. Действительно, есть некоторые основания предполагать, что он был обнаружен как блуждающий шар дикими "наблюдателями неба" в Тихом океане задолго до того, как он заплыл в кен Гершеля. Тем не менее, расследование его физических пристрастий все еще находится на ранней стадии. Их чрезвычайно сложно выполнить даже с помощью лучших и крупнейших современных телескопов, и их результаты остаются неопределенными.

Следует помнить, что Уран представляет собой необычное зрелище в виде системы спутников, движущихся почти под прямым углом к плоскости эклиптики. Существование этой аномалии придает особый интерес исследованиям его осевого движения, которое, как можно предположить по аналогии с другими планетами, осуществляется в той же наклонной плоскости. Однако это далеко не всегда так.

М-р Баффхэм в 1870-72 годах уловил следы ярких отметин на диске Урана, сомнительно предполагающих вращение примерно за двенадцать часов в плоскости, *не* совпадающей с той, в которой вращаются его спутники.[1126] Темные полосы, напоминающие полосы Юпитера, но очень слабые, были едва заметны профессору Янгу в Принстоне в 1883 году. Тем не менее, хотя они почти обязательно должны быть экваториальными, они составляли значительный угол относительно направления орбит спутников.[1127] Более отчетливо братья Генри с помощью их прекрасного рефрактора различали две серые параллельные полосы, разделенные блестящей зоной, каждую ясную ночь в Париже с января по июнь 1884 года.[1128] То, что было принято за полярные области, оказалось сравнительно темным. Направление экваториальных линий (ибо мы можем с уверенностью называть их так) составляло угол в  $40^\circ$  с линией движения спутников. Аналогичные наблюдения были сделаны в Ницце М. М. Перротеном и Толлоном с марта по июнь 1884 г., кроме того, светлое пятно вблизи экватора указывает на вращение с периодом около десяти часов.[1129] Расхождение, однако, было значительно уменьшено благодаря исследованию планеты Перротинем в 1889 году с использованием нового 30-дюймового экваториального снимка.[1130] Темные полосы, которые, таким образом, просматриваются лучше, чем в 1884 году, по-видимому, отклоняются не более чем на  $10^\circ$  от плоскости орбиты спутников. С другой стороны, профессорам Холдену, Шеберле и Килеру не удалось получить окончательных результатов в результате их наблюдений за Ураном в 1889-90 годах с помощью мощного прибора на горе Гамильтон. Тени, это правда, были почти всегда, хотя и слабо, заметны; но они проявлялись в аномальном, возможно, иллюзорном аспекте. Они состояли не из параллельных, а из разветвленных полос.[1131]

Измерения маленького диска цвета морской волны, представляющего для нас массивную массу Урана, проведенные Янгом, Скиапарелли,[1132] Сафарик, Х. К. Уилсон[1133] и Перротин, доказывают, что он довольно отчетливо *выпуклый*. Это сжатие сразу привлекло наметанный глаз Барнарда в 1894 году,



[1134] когда он предпринял хотя бы микрометрическое исследование системы; и он был удивлен, обнаружив, что большая ось эллиптической поверхности составляет угол около  $28^\circ$  с линией движения спутников. В течение нескольких лет больше ничего нельзя узнать по этому любопытному вопросу, поскольку полюс планеты как раз сейчас повернут почти к земле; но вывод Барнарда вряд ли будет серьезно изменен. Он установил средний диаметр Урана на уровне 34 900 миль. Но эта оценка была существенно снижена благодаря тому, что доктор Си устранил эффекты облучения с помощью измерений дневного света, проведенных в Вашингтоне в 1901 году.[1135]

Визуальный спектр этой планеты был впервые исследован отцом Секки в 1869 году, а позже, с большим преимуществом в точности, Хаггинсом, Фогелем,[1136] и Килером.[1137] Она очень примечательна. Вместо отраженных линий Фраунгофера, незаметных, возможно, из-за слабости света, появляются шесть широких полос первоначального поглощения, одна из которых соответствует сине-зеленому лучу водорода (F), другая - "линии красных звезд" Юпитера и Сатурна, остальные пока не идентифицированы. Полоса водорода кажется слишком сильной и размытой, чтобы быть простым отголоском солнечной линии, и, соответственно, можно было бы предположить наличие свободного водорода в атмосфере Урана. Это, однако, было бы трудно согласовать с идентификацией Килером группы поглощения в желтом цвете с теллурической полосой воды.

Несмотря на его высокое альбедо —  $0.62$ , по словам Цельнера, отсутствуют доказательства того, что свету Урана присущ какой-либо из них. Г-н Альберт Тейлор действительно объявил в 1889 году об обнаружении им с помощью гигантского отражателя Коммона ярких всплесков в его спектре:[1138] но исследование профессора Килера доказало, что это просто контрастные эффекты.[1139] Более того, сэр Уильям и леди Хаггинс примерно в одно и то же время получили фотографию чисто солнечного характера. Спектр, который он представлял, был пересечен многочисленными линиями Фраунгофера, и никакими другими. Следовательно, он, по-видимому, полностью состоял из отраженного света.

Судя по признакам почти исчезающего спектра, Нептун в том, что касается физического состояния, является близнецом Урана, как



Сатурн Юпитера. Об обстоятельствах его ротации мы почти ничего не знаем. Мистер Максвелл Холл, действительно, заметил на Ямайке в ноябре и декабре 1883 года определенные ритмические колебания яркости, предполагающие оборот вокруг оси чуть менее чем за восемь часов;<sup>[1140]</sup> но профессор Пикеринг сводит предполагаемую изменчивость к величине, слишком малой для определенного восприятия, а доктор Г. Мюллер отрицает ее существование *полностью*. Это правда, что их наблюдения не были точно совпадающими с наблюдениями мистера Холла<sup>[1141]</sup> который считает, что частичные затемнения, зарегистрированные им самим, были мимолетного характера и внезапно прекратились после двухнедельного распространения. Их менее заметное обновление было замечено им в ноябре 1884 года, подтвердив период вращения в 7.92 часа.

Сначала косвенным путем было установлено, что орбита спутника Нептуна наклонена примерно на  $20^\circ$  к его экватору. Мистер Март<sup>[1142]</sup> обратив внимание на быстрое смещение плоскости его движения, М. Тиссеран и профессор Ньюкомб<sup>[1143]</sup> независимо опубликовали вывод о том, что такое смещение обязательно является результатом эллипсоидной формы Нептуна. Движение такого рода проиллюстрировано — хотя и с обратными соотношениями — в прецессии равноденствий. Полюс спутника, вследствие притяжения экваториального выступа Нептуна, описывает круг вокруг полюса своего экватора в ретроградном направлении и за период более пятисот лет. Величина сжатия, указанная для основного тела, составляет снаружи  $1/85$ ; отсюда можно сделать вывод, что Нептун обладает меньшей скоростью вращения, чем другие планеты-гиганты. Прямая проверка тренда, теоретически выведенного для движения спутника, была получена доктором Зее в 1899 году. Вашингтонский 26-дюймовый рефрактор показал ему при исключительно благоприятных условиях набор экваториальных поясов на диске Нептуна, и они приняли именно то направление, которое предписывала теория. Их объективная реальность не подлежит сомнению, хотя Барнард не удалось ни с помощью телескопа Lick, ни с помощью телескопа Йеркса,<sup>[1144]</sup> обнаружить какие-либо определенные отметины на этой планете. Он установил, что его диаметр составляет 32 900 миль.

Возможность того, что Нептун, возможно, не самое удаленное тело, обращающееся вокруг Солнца, рассматривалась с тех пор, как стало известно о его существовании. В течение последних нескольких лет положение планеты далеко за пределами ее орбиты в данную эпоху было приблизительно установлено двумя

отдельными исследователями.

Профессор Джордж Форбс из Эдинбурга принял в 1880 году новый план поиска неизвестных элементов солнечной системы, первая идея которого была высказана М. Фламарионом в ноябре 1879 года.<sup>[1145]</sup> Это зависит от движения комет. Хорошо известно, что кометы с умеренно короткими периодами по уже объясненной причине связаны с более крупными планетами таким образом, что афелии комет падают вблизи какой-либо планетной орбиты. Юпитер претендует на большую свиту таких частичных иждивенцев, Нептуну принадлежит шесть, и есть две значительные группы, самые дальние расстояния которых от солнца примерно в 100 и 300 раз больше, чем от земли, соответственно. Профессор Форбс утверждает, что в каждый из этих обширных интервалов, один из которых включает период в 1000, другой - в 5000 лет, обращается невидимая планета. Он даже вычислил элементы для ближайшей из двух и установил ее место на небесной сфере;<sup>[1146]</sup> но фотографические поиски, сделанные для нее доктором Робертсом в Кроуборо и мистером Уилсоном в Дарамоне, оказались безрезультатными. Не смущенный обескураживающим мнением Дайхмюллера о том, что орбиты комет, простирающиеся за признанные границы солнечной системы, слишком плохо известны, чтобы служить основой для заслуживающих доверия выводов,<sup>[1147]</sup> эдинбургский профессор вернулся к атаке в 1901 году.<sup>[1148]</sup> Теперь он пытался доказать, что потерянная комета 1556 года действительно вернулась в 1844 году, но с элементами, настолько преобразованными ультранептуновыми возмущениями, что их не удалось немедленно идентифицировать. Если это так, то "разыскиваемая" планета только что вошла в знак Весов, и, поскольку она крупнее Юпитера, ее должно быть возможно найти.

Почти одновременно с Форбсом профессор Тодд приступил к поиску того же объекта с помощью совершенно другого набора указаний. Одобренный метод Адамса пришелся ему по душе; но поскольку гипотетические отклонения Нептуна едва успели развиваться, он был вынужден вернуться к "остаточным ошибкам" Урана. Они дали ему практически идентичную ситуацию для новой планеты с ситуацией, полученной в результате скопления кометной афелии.<sup>[1149]</sup> Однако назначенное ему расстояние было немногим более половины расстояния от ближайшей удаленной пары профессора Форбса, и он завершил оборот за 375 вместо 1000 лет. Совпадение в них положений, определенных на отдельных основаниях для ультранептунового путешественника, было просто странным совпадением; и мы не

можем быть уверены, пока не увидим, что мы действительно соприкоснулись с этим.

## СНОСКИ:

[965] *Фил. Пер.*, т. lxxiv., с. 260.

[966] *Новые наблюдения*, стр. 105.

[967] *Фил. Пер.*, том i, стр. 243.

[968] *Воспоминания об АК.*, 1720, стр. 146.

[969] *Фил. Пер.*, т. lxxiv., с. 273.

[970] Большой труд, озаглавленный *Areographische Fragmente*, в котором Шретер воплотил результаты своих трудов на Марсе 1785-1803 годов, чудом избежал пожара 1813 года и был опубликован в Лейдене в 1881 году.

[971] *Бей траге*, стр. 124.

[972] *Мет. R. A. Soc.*, vol. xxxii., стр. 183.

[973] *Astr. Nach.*, No. 1,468.

[974] *Обсерватория*, том. viii., с. 437.

[975] *Месяц. Нет.*, тома. xxviii., с. 37; xxix., с. 232; xxxiii., с. 552.

[976] Фламарион, *Астрономия*, т. i., стр. 266.

[977] Смит, *чел. Цикл*, том i, стр. 148 (1-е изд.).

[978] *Фил. Пер.*, том. sxxi., стр. 417.

[979] *Месяц. Нет.*, том xxv., стр. 227.

[980] *Phil. Mag.*, vol. xxxiv., с. 75.

[981] Проктор, *Кварт. Журнал науки*, том x., стр. 185; Маундер, *Воскресный журнал*, январь, февраль, март 1882 г.; Кэмпбелл, *опубл. Astr. Рас. Soc.*, том vi., стр. 273.

[982] *Ат. Журнал Sc.*, том. xxviii., с. 163.

[983] Бертон, *Пер. Рой. Дублинское собрание сочинений.*, том i, 1880, стр. 169.

[984] *Месяц. Не.*, том. xxvii., стр. 179; *Астроф. Журнал.*, том i, стр. 193.

[985] *Untersuchungen über die Spectra der Planeten*, p. 20; *Astroph. Журнал.*, том i, стр. 203.

[986] *Опубл. Астр. Пак. Соч.*, т. vi, с. 228; ix, с. 109; *Астр. и астроф.*, т. xiii., с. 752; *Астроф. Jour.*, vol. ii., p. 28.

[987] *Там же.*, т. v., стр. 328.

[988] *Там же.*, тома i, стр. 311; iii, стр. 254.

[989] К. Кристиансен, *Бейблэт тер*, 1886, стр. 532.

[990] *Астрофизика*, том xi., стр. 671.

[991] Фламмарион, *Марсианская планета*, стр. 574.

[992] *Воспоминания Куронне*, т. xxxix.

[993] Локьер, *Природа*, том. xlv., стр. 447.

[994] *Память. Спецтр. Италияни*, т. xi., стр. 28.

[995] *Бычий текст. Астр.*, т. iii., с. 324.

[996] *Journ. Бри т. Astr. Ass.*, т. i, стр. 88.

[997] *Publ. Рас. Astr. Soc.*, том ii., стр. 299; Персиваль Лоуэлл, *Марс*, 1896; *Анналы Лоуэлловской обсерватории*, том ii., 1900.

[998] *Старое и новое издание.*, стр. 545.

[999] *Астрономия*, т. xi., стр. 445.

[1000] *Планета Марс*, стр. 588.

[1001] *Месяц. Примечания*, том ii, стр. 166.

[1002] *Астрономия*, т. viii.

[1003] *Astr. Нач.*, № 3271; *Астрофизика*, т. xiii., стр. 716.

[1004] *Месяц. Не.*, том. xxxviii., стр. 41; *Мем. Рой. Astr. Soc.*, том. xlv., стр. 123.

[1005] *Астрофизика*, том xi., стр. 668.

[1006] *Там же.*, стр. 850.

[1007] *Comptes Rendus*, т. cxv., стр. 379.

[1008] *Astr. Журнал.*, № 384; *Опубл. Astr. Рас. Соч.*, т. vi., стр. 109. *Ср. Observatory* vol. xvii., стр. 295-336.

[1009] Смотрите Замечания мистера Вентворта Эрка в *переводе. Рой. Дублинское общество*, том i, стр. 29.

[1010] *Месяц. Нет.*, том. xxxviii., стр. 206.

[1011] *Анналы Гарвардского колледжа. Обс.*, том xi., часть ii., стр. 217.

[1012] Янг, *генерал. Астр.*, стр. 366.

[1013] Кэмпбелл, *издательство Рас. Astr. Soc.*, том vi., стр. 270.

[1014] *Astr. Nach.*, No. 3,319.

[1015] *Ведьма из Атласа*, строфа iii. Я в долгу перед доктором Гарнетт за рекомендацию.

[1016] Рекомендовано Чендлером, *Astr. Журнал.*, № 452.

[1017] *Циркуляры Гарварда*, № 36, 37, 51.

[1018] *Astr. Nach.*, No. 3,687.

[1019] Монтанжеран, *Встреча*, 11 марта 1901г.

[1020] Пикеринг, *Астроф. Jour.*, vol. xiii., с. 277.

[1021] *Гарвардский циркуляр*, № 58.

[1022] *Astr. Nach.*, No. 752.

[1023] Л. Нистен, *Ежегодник*, Брюссель, 1881, стр. 269.

[1024] Согласно Сведstrupу (*Astr. Нач.*, № 2240-41), наклон к эклиптике орбиты "среднего астероида" равен  $= 6^\circ$ .

[1025] *Кузнецы*. Отчет, 1876, стр. 358; *Астероиды* (Кирквуд), стр. 42, 1888.

[1026] Тиссеран, *Ежегодник*, Париж, 1891, стр. 15; Ньюкомб, *Astr. Жур.*, № 477; Баклунд, *Булл. Astr.*, т. xvii., стр. 81; Пармантье, *Булл. Соч. Астр. де Франс*, март 1896 г.; *Обсерватория*, т. xviii., стр. 207.

[1027] Берберих, *Астр. Nach.*, No. 3,088.

[1028] *Бычий текст. Астр.*, т. xviii., с. 39.

[1029] *Астероиды*, стр. 48; *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, тома ii., стр. 48; iii., стр. 95.

[1030] *Comptes Rendus*, т. xxxvii., стр. 797.

[1031] *Бычий текст. Астр.*, т. v., стр. 180.

[1032] *Ежегодник*, Брюссель, 1881, стр. 243.

[1033] *Университет Джона Хопкинса. Циркуляр*, январь 1895 г.; *Обсерватория*, том. xviii., с. 127.

[1034] *Гарвардские анналы*, том xi., часть ii., стр. 294.

[1035] *Astr. Nach.*, Nos. 2,724-5.

[1036] *Месяц. Непт.*, том lxi., стр. 69.

[1037] *Астроф. Jour.*, vol. vii., p. 25.

[1038] *Спектры планет*, стр. 24.

[1039] Том i, стр. 93.

[1040] *Berlinische Monatsschrift*, 1785, стр. 211.

[1041] *Месяц. Непт.*, том. xiii., стр. 40.

[1042] *Мет. Ам. Ас.*, vol. viii., с. 221.

[1043] *Фото. Унтерс.*, стр. 303.

[1044] *Astr. Nach.*, No. 1,851.

[1045] *Памятная записка.*, т. x., стр. 514.

[1046] *Там же.*, 1692, стр. 7.

[1047] *Месяц. Непт.*, том. xlv., стр. 63.

[1048] *Фото. Унтерс.*, стр. 165, 273; *Потсдамское издательство*, № 30.

[1049] *Фогель, Sp. der Planeten*, стр. 33, *примечание*.

[1050] *Процедура. Соч.*, т. xviii., с. 250.

[1051] *Месяц. Непт.*, том xl., стр. 433.

[1052] *Sitzungsberichte*, Берлин, 1895, ii., стр. 15.

[1053] Аномальные эффекты тени, зарегистрированные Уэббом

(чел. Объекты, стр. 170, 4-е изд.), очевидно, имеют атмосферное и оптическое происхождение.

[1054] Engelmann, *Ueber die Helligkeitsverhältnisse der Jupiterstrabanten*, p. 59.

[1055] *Месяц. Непт.*, том. xxviii., стр. 11.

[1056] *Обсерватория*, том vii., стр. 175.

[1057] *Месяц. Непт.*, том. xlviii., стр. 43.

[1058] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 296.

[1059] Пикерингу не удалось получить никаких фотометрических доказательств их изменчивости. *Гарвардские анналы*, том xi., стр. 245.

[1060] *Astr. and Astrophys.*, том xii., стр. 194, 481.

[1061] *Анналы Лоуэлла Обс.*, том ii., часть i.

[1062] *Astr. Нач.*, № 2995, 3206; *Месяц. Непт.*, тома li., стр. 556; liv., стр. 134. Барнард по-прежнему убежден, что овальные формы, приписываемые спутникам Юпитера, являются иллюзорным эффектом их маркировки. *Astr. Нач.*, № 3,206, 3,453; *Astr. и Astrophys.*, vol. xiii., с. 272.

[1063] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том iii., стр. 355.

[1064] *Astr. Nach.*, No. 1,017.

[1065] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том iii., стр. 359.

[1066] *Astr. Nach.*, No. 3,432.

[1067] *Astr. Журнал.*, № 275, 325, 367, 472; *Обсерватория*, том xv., стр. 425.

[1068] Тиссеран, *Comptes Rendus*, 8 октября 1894 г.; Кон, *Astr. Nach.*, No. 3,404.

[1069] *Бычий текст. Ас. Р. Брюссель*, т. xlviii., стр. 607.

[1070] *Astr. Nach.*, No. 2,294.

[1071] *Там же.*, № 2,284.

[1072] *День, месяц. Непт.*, т. xliv., стр. 64, 66; *Природа*, том xxv., стр. 226.

- [1073] *Звездный беспорядок.*, декабрь 1886 г., стр. 289.
- [1074] *Astr. Nach.*, Nos. 2,280, 2,282.
- [1075] *Месяц. Нет.*, том. xlvī., стр. 117.
- [1076] *Процедура. Соц. Н. С. Уэльс*, том xiv., стр. 68.
- [1077] *Фил. Пер.*, том i, стр. 143.
- [1078] Сведения о ранней истории появления красного пятна см. В Holden, *Publ. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 77; Нобл, *Месяц. Нет.*, том. xlvii., стр. 515; А. С. Уильямс, *Обсерватория*, том. xiii., с. 338.
- [1079] *Астрофизика*, том xi., стр. 192.
- [1080] *Месяц. Нет.*, т. л., стр. 520.
- [1081] *Обсерватория*, том. xiii., стр. 297, 326.
- [1082] *Пер. R. Dublin Soc.*, том iv., стр. 271, 1889.
- [1083] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 289.
- [1084] *Астрофизика*, том xi., стр. 686.
- [1085] Деннинг, *Знание*, том. xxiii., с. 200; *Обсерватория*, т. xxiv., с. 312; *Поп. Astr.*, т. ix., стр. 448; *Природа*, т. iv., стр. 89.
- [1086] Уильямс, *обсерватория*, т. xxiii., стр. 282.
- [1087] *Месяц. Нет.*, том lvi., стр. 143.
- [1088] Белопольский, *астр. Nach.*, No. 3,326.
- [1089] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том iv., стр. 176.
- [1090] *Бычий текст. Астр.*, 1900, с. 70.
- [1091] *Месяц. Нет.*, том. xxxi., стр. 34.
- [1092] *Beobachtungen*, Heft ii., стр. 99.
- [1093] *Бер. Sächs. Гэс. der Wiss.*, 1871, p. 553.
- [1094] *Месяц. Нет.*, том lix., стр. 76.
- [1095] *Beziehungen der Sonnenfleckenperiode*, p. 175.
- [1096] А. Холл, *Астр. Nach.*, No. 2,269.
- [1097] *Astr. Jour. (Gould's)*, том ii., стр. 17.



- [1098] Там же., стр. 5.
- [1099] Об устойчивости движения колец Сатурна, стр. 67.
- [1100] Воспоминания об АК., 1715, стр. 47; Монтукла, История. математика., т. iv., стр. 19; Оригинальная теория Вселенной, стр. 115.
- [1101] *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 718.
- [1102] Проктор, Сатурн и его система (1865), стр. 125.
- [1103] Перротин, Сборники, t. cvi., стр. 1716.
- [1104] Отказаться от обработки. *Akad. der Wiss.*, Munich, Bd. xvi., p. 407.
- [1105] Смиты. Отчет, 1880 г. (Холден).
- [1106] Цитируется доктором Э. Андингом, *Astr. Nach.*, No. 2,881.
- [1107] Астрофизика, том xi., стр. 119; Месяц. Не., т. л., стр. 108.
- [1108] Астроф. Журнал., том первый, стр. 416.
- [1109] Там же., том ii., стр. 127.
- [1110] Память об АК. Имп. (СПб.), т. vii., 1853, с. 464.
- [1111] *Astr. Nach.*, No. 2,498.
- [1112] Вашингтонские наблюдения, Приложение ii., стр. 22
- [1113] Месяц. Не., том lvi., стр. 163.
- [1114] Т. Льюис, обсерватория, том. xviii., с. 379.
- [1115] Журнал *Harper's*, июнь 1889г.
- [1116] Память об Акаде. de Montpellier, t. viii., p. 296, 1873.
- [1117] Метеорная астрономия, глава xii. В 1871 году он продвинулся в этом вопросе несколько дальше. См. Обсерваторию, том vi., стр. 335.
- [1118] *Astr. Nach.*, No. 2,527.
- [1119] Амер. Журнал научных исследований., том xiv., стр. 325.
- [1120] Обсерватория, том xiv., стр. 369.
- [1121] Месяц. Не., том ii, стр. 297.

- [1122] *Фил. Пер.*, том. lxxxii., стр. 14.
- [1123] *Смиты. Отчет*, 1880 год.
- [1124] *Comptes Rendus*, т. lxiv., стр. 1304.
- [1125] Huggins, *Proc. R. Soc.*, vol. xlv., стр. 231; Килер, *Astr. Нач.*, № 2927; Фогель, *Астроф. Журнал.*, том первый, стр. 278.
- [1126] *Месяц. Нет.*, том. xxxiii., стр. 164.
- [1127] *Astr. Nach.*, No 2,545.
- [1128] *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 1419.
- [1129] *Comptes Rendus*, т. xcvi., стр. 718, 967.
- [1130] *V. J. S. Astr. Ges.*, Jahrg. xxiv., с. 267.
- [1131] *Опубл. Astr. Рас. Soc.*, том iii., стр. 287.
- [1132] *Astr. Nach.*, No. 2,526.
- [1133] *Там же.*, № 2730.
- [1134] *Astr. Jour.*, Nos. 370, 374.
- [1135] *Astr. Nach.*, No. 3,768.
- [1136] *Ann. der Phys.*, Bd. clviii., стр. 470; *Astrophys. Журнал.*, том первый, стр. 280.
- [1137] *Astr. Nach.*, No. 2,927.
- [1138] *Месяц. Нет.*, том. xlix., стр. 405.
- [1139] *Astr. Нач.*, № 2927; *Спектральный анализ* Шайнера, стр. 221.
- [1140] *Месяц. Нет.*, том. xlv., стр. 257.
- [1141] *Обсерватория*, том vii., стр. 134, 221, 264.
- [1142] *Месяц. Нет.*, том. xlv., стр. 507.
- [1143] *Comptes Rendus*, t. cvii., стр. 804; *Astr. и Astrophys.*, vol. xiii., с. 291; *Астр. Журнал.*, № 186.
- [1144] *Astr. Jour.*, Nos. 342, 436, 508.
- [1145] *Astr. Pop.*, стр. 661; *La Nature*, 3 января 1880 г.

[1146] *Процедура. Соч. Edinb.*, тома x, стр. 429; xi, стр. 89.

[1147] *Vierteljahrsschrift. Astr. Ges.*, Jahrg. xxi., p. 206.

[1148] *Процедура. Соч. Edinb.*, том. xxiii., стр. 370; *Природа*, том. lxiv., p. 524.

[1149] *Амер. Журнал науки*, том xx., стр. 225.

# ГЛАВА IX

## ТЕОРИИ ПЛАНЕТНОЙ ЭВОЛЮЦИИ

Мы не можем сомневаться в том, что солнечная система, какой мы ее видим, является результатом некоего процесса роста — что на протяжении бесчисленных веков силы Природы работали над ее материалами, слепо придавая им форму, изначально предназначенную для них Всемогущей Мудростью. Ставить перед собой задачу выяснить, что это был за процесс, может быть дерзостью, но это законно, более того, неизбежно. Ибо врожденный инстинкт человека "смотреть до и после" применим не только к его собственной маленькой жизни, но и ко всей истории творения, от высшего до низшего — от микроскопического зародыша водоросли или гриба до видимого каркаса и убранства небес.

Кант считал, что исследование способа происхождения мира было одной из самых простых проблем, поставленных Природой; но нельзя сказать, что его собственное решение этой проблемы было удовлетворительным. Однако в 1755 году он проложил путь, по которому мысль движется до сих пор. В его *Всеобщем естествознании* рост солнца и планет был прослежен от колыбели огромной и бесформенной массы равномерно рассеянных частиц, и равномерность их движения пытались объяснить неизменным действием сил притяжения и отталкивания, под властью которых продолжалось их развитие.

В своей современной форме "Небулярная гипотеза" появилась в 1796 году.<sup>[1150]</sup> Это было представлено Лапласом с неуверенностью, как предположение, не подкрепленное никакими числовыми опорами, но с видимым ликованием от того, что, как он думал, удалось проникнуть в тайну рождения нашей системы. Действительно, он требовал большего в плане постулатов, чем это сделал Кант. Он начал с готового солнца,<sup>[1151]</sup> окруженного обширной светящейся атмосферой, простирающейся в космос за пределы орбиты самой дальней планеты и наделенного медленным вращательным движением. По мере того как эта атмосфера или туманность охлаждалась, она сжималась; и по мере того, как она сжималась, ее вращение, по хорошо известному механическому закону, ускорялось. Наконец наступил момент, когда тангенциальная скорость на экваторе возросла настолько, что сила тяжести не могла ее контролировать, и равновесие было восстановлено за счет отделения туманного

кольца, вращающегося с тем же периодом, что и генерирующая масса. Через некоторое время кольцо распалось на фрагменты, которые в конечном итоге воссоединились в единое вращающееся тело. Это была первая и самая удаленная планета.

Тем временем родительская туманность продолжала сжиматься и вращаться все быстрее и быстрее, проходя при этом через последовательные кризисы нестабильности, каждый из которых приводил к образованию планеты на меньшем расстоянии от центра и с более коротким периодом обращения, чем у ее предшественницы. В этих вторичных телах повторялся тот же процесс в уменьшенном масштабе, рождение спутников происходило после их сжатия или нет, в зависимости от обстоятельств. Добавлялось, что кольцо Сатурна дало поразительное подтверждение теории кольцевого разделения, [1152] и, по-видимому, сохранилось в своем первоначальном виде, чтобы пролить свет на происхождение всей солнечной системы; в то время как четыре впервые обнаруженных астероида стали примером того, как *обломки* разрушенного кольца не смогли слиться в единый шар.

Эта сцена космической эволюции была характерным наследием с восемнадцатого по девятнадцатый век. Он обладал самодостаточной симметрией и цельностью, соответствующими идеям эпохи обновления, когда сложность природы мало учитывалась по сравнению с властной упорядоченностью мыслей человека. Однако с момента своего распространения знание перешагнуло многие границы и свело на нет многие гениальные теоретические построения. Как обстоят дела с наброском Лапласа о происхождении мира? По крайней мере, он не был отброшен как устаревший. Он по-прежнему обеспечивает основу для спекуляций на эту тему. Тем не менее, он, по общему признанию, неадекватен. О многом из того, что существует, оно не дает отчета или является ошибочным. Ход событий, конечно, не везде — даже если он и был где—то - следовал точно по предписанному ему пути. И все же современная наука пытается дополнить его, но едва ли отваживается заменить.

Открытие Майером и Джоулем в 1842 году эквивалентности между теплом и движением глубоко изменило мышление во многих направлениях. Его следствием стала великая идея "сохранения энергии", которая в настоящее время является одним из основополагающих принципов науки. Это означает, что при обычных обстоятельствах наблюдения старая максима *ex nihilo nihil fit* применима как к силе, так и к материи. Необходимо

поддерживать подачу тепла, света, электричества, иначе поток перестанет течь. Таким образом, неизбежно возник вопрос о поддержании солнечного тепла, а с вопросом о поддержании неразрывно связан вопрос о происхождении.

Доктор Джулиус Роберт Майер, врач, проживающий в Хайльбронне, был первым, кто пролил новый свет на исследование того, что сэр Джон Гершель назвал "великой тайной". Он показал, что если бы солнце было телом, либо просто остывающим, либо находящимся в состоянии горения, оно должно было бы давным-давно "погаснуть". Если бы такая же масса угля была подожжена через четыре или пять столетий после постройки пирамиды Хеопса и продолжала гореть с такой скоростью, чтобы обеспечивать солнечный свет и тепло в течение этого промежутка времени, от нашего неизменного великолепия осталось бы всего несколько угольков. Майер огляделся в поисках альтернативы. Он нашел ее в "метеоритной гипотезе" сохранения солнечной активности.<sup>[1 153]</sup> Тогда (в 1848 году) начали признавать важность в экономике нашей системы тел, известных как падающие звезды. Было известно, что они бесчисленными стаями вращаются вокруг солнца; что земля ежедневно сталкивается с миллионами из них; и было высказано предположение, что конус зодиакального света представляет собой их видимое сгущение по направлению к притягивающему центру. Таким образом, Майер извлек из зодиакального света запас, необходимый для поддержания солнечного излучения. Он доказал, что при остановке их движения в результате падения на солнце тела выделяли бы от 4600 до 9200 раз больше тепла (в зависимости от их конечной скорости), чем в результате сжигания равных масс угля, причем их выпадение на поверхность Солнца вызывалось сопротивляющейся средой, которая, как наблюдалось, влияла на вращение кометы Энке. Однако возникла трудность. Количество вещества, необходимое для поддержания тепла и яркости в очаге нашей системы за счет пожертвования его движением, было бы очень значительным. По самым низким оценкам Майера, скорость вращения составляет 94 000 миллиардов килограммов в секунду, или массу, равную массе нашей Луны, приходящейся на нее раз в два года. Но столь значительное дополнение к силе притяжения Солнца быстро проявилось бы в движении тел, зависящих от него. Их вращение было бы заметно ускорено. Майер допускал, что каждый год будет короче предыдущего на немалую долю секунды, и постулировал непрерывную трату вещества, которая, как предполагал Ньютон, должна сопровождать излучение материальных частиц света, чтобы нейтрализовать постоянное усиление.

Взгляды Майера получили очень небольшую огласку, и мистер Уотерстон считался их независимым автором в этой стране. Метеоритная, или "динамическая", теория поддержания солнечной активности была изложена им перед Британской ассоциацией в 1853 году. Она была развита с присущими ему способностями лордом Кельвином в следующем году. Поток метеоритов, отметил он, "является единственной из всех мыслимых причин солнечного нагрева, о существовании которой мы знаем из независимых свидетельств".[1154] Мы знаем, что она существует, но теперь мы также знаем, что ее совершенно недостаточно. Запасы, которые, как предполагается, содержатся в зодиакальном свете, были бы быстро исчерпаны; для удовлетворения спроса потребовался бы постоянный приток из космоса. Но если бы движущиеся тела втягивались к солнцу с какой-либо требуемой скоростью, воздух, даже здесь, на расстоянии девятиста трех миллионов миль, был бы от них густым; земля раскалилась бы докрасна от их ударов;[1155] геологические отложения были бы в основном метеоритными; [1156] не говоря уже о влиянии на механизм небес. Сам лорд Кельвин настаивал на неприемлемости "внепланетной" теории метеоритного происхождения на вполне осязаемом основании, что, если бы это было правдой, год сейчас был бы короче, фактически на шесть недель, чем в начале христианской эры. Однако "внутрипланетный" запас слишком скуден, чтобы быть чем-то большим, чем временным подспорьем.

Метеоритная гипотеза была естественным образом расширена от сохранения тепла солнца до образования вращающихся вокруг него тел. Земля — не менее несомненно, чем другие планеты, — все еще растет. Космическая материя в форме падающих звезд и аэролитов в количестве, по оценке профессора Ньютона, равном 100 тоннам в день, захватывается им по мере того, как он совершает свой орбитальный оборот. Неизбежно напрашивалась идея, что этот процесс присвоения дает ключ к истории жизни нашего земного шара, и что кратковременная полоса огня в летнем небе представляет собой слабое продолжение пылающего града, которым в старые времена он был сформирован и согревался. Г-н Э. У. Брейли поддержал этот взгляд на планетарное производство в 1864 году,[1157] и он зарекомендовал себя как посвящается Хайдингеру, Гельмгольцу, Проктору и Фэй. Но негативные свидетельства о геологических отложениях кажутся для него фатальными.

Теория солнечной энергии, которая сейчас обычно считается истинной, была изложена Гельмгольцем в популярной лекции в 1854 году. Это зависит от того же принципа эквивалентности тепла и движения, который выдвинул метеоритную гипотезу. Но здесь движение, переданное и преобразованное, принадлежит частицам, не каких-либо посторонних тел, а самого солнца. Притянутые друг к другу с большого расстояния силой собственного притяжения, они при падении к центру солнца, должно быть, образовали огромный запас тепла, из которого, по расчетам, 453/454 уже израсходованы. Предположительно, однако, этот поток подкрепления все еще продолжается. В самом процессе расставания с теплом солнце вырабатывает свежий запас. Короче говоря, его излучение является прямым результатом усадки в результате охлаждения. Уменьшения диаметра Солнца на 380 футов в год было бы как раз достаточно, чтобы покрыть нынешний уровень излучения, и оно веками оставалось бы незаметным для наших средств наблюдения, поскольку по прошествии 6000 лет уменьшение углового размера едва составило бы одну секунду.<sup>[1158]</sup> Но процесс, хотя и не завершен, строго говоря, может быть завершен. Менее чем через пять миллионов лет солнце сократится до половины своего нынешнего объема. Еще через семь миллионов оно будет таким же плотным, как Земля. Трудно поверить, что тогда это будет светящееся тело.<sup>[1159]</sup> Также не допускается неограниченный срок действия в прошлом. Гельмгольц посчитал, что излучение могло сохраняться с его реальной интенсивностью в течение двадцати двух, а Лэнгли допускает только восемнадцать миллионов лет. Этот период едва ли можно растянуть с помощью самых щедрых допущений, чтобы удвоить последнюю цифру. Но это далеко не соответствует требованиям геологов и биологов.

В 1881 году была предпринята попытка снабдить солнце оборудованием, аналогичным регенеративной печи, позволяющим ему снова и снова потреблять одно и то же топливо и таким образом бесконечно продлевать свое благотворное существование. Одновременно была отменена чрезмерная "трата" энергии, которая шокирует наши бережливые представления. Земля останавливается и совершает различные вращения, на долю которых приходится одна 2250-миллионная часть солнечного излучения; каждая из других планет и спутников получает пропорциональную долю; все остальное, составляющее лишь бесконечно малую долю от целого, рассеивается в бесконечном пространстве, служа неизвестной нам цели. Теперь, по плану покойного сэра Уильяма Сименса, эти безрассудные траты прекратятся; поступления и расходование солнечной



энергии будут регулироваться на основе утвержденных экономических принципов, и неизбежное окончательное банкротство будет отложено на отдаленные века.

Но в его конструкции был фатальный изъян. Он представил себе вечную циркуляцию горючих материалов, попеременно отдающих и восстанавливающих химическую энергию, причем движение по кругу поддерживается движущей силой вращения Солнца.<sup>[1160]</sup> Это, однако, было просто для того, чтобы посадить земной шар на черепаху, оставив черепаху в воздухе. Вращение солнца содержит определенное количество механической энергии — достаточное, по словам лорда Кельвина, при прямом преобразовании в тепло, чтобы поддерживать солнечное излучение в течение 116 лет и шести дней — простого момента космического времени. Применяемый более экономично, он, несомненно, продвинулся бы дальше. Тем не менее, при наиболее благоприятных обстоятельствах его исчерпание произошло бы за сравнительно короткий период.<sup>[1161]</sup> Против "регенеративной" гипотезы выдвигалось множество других возражений, столь же неопровержимых, но этого достаточно.

Гипотеза столкновения доктора Кролла<sup>[1162]</sup> менее явно несостоятельна, но едва ли менее неудовлетворительна. Посредством взаимного столкновения двух темных масс, несущихся вместе с огромной скоростью, он стремился обеспечить солнечную туманность огромным *первоначальным* запасом тепла для усиления того, что впоследствии выделилось в ходе ее прогрессирующего сжатия. Солнце, все еще живущее за счет своего капитала, таким образом, имело бы большой капитал для существования, и временные требования менее требовательных геологов и биологов могли бы быть успешно удовлетворены. Но примитивное событие, предполагаемое с целью избавления их от неудобств, связанных с "ускорением их феноменов", - это не то, что здравомыслящий человек может с готовностью признать, что оно когда-либо действительно имело место.

Таким образом, в качестве единственного вразумительного обоснования существования солнечной энергии остается теория усадки Гельмгольца. И это имеет очень важное значение для небулярного представления о формировании планет; фактически, это можно назвать его дополнением. Ибо это предполагает идею о том, что материалы Солнца, некогда чрезвычайно рассеянные, постепенно уплотнялись до их нынешнего объема с выделением тепла и света и, можно правдоподобно добавить, с разделением

зависимых шаров. Данные, полученные с помощью спектрального анализа, также подтверждают предположение об общем происхождении солнца и планет, показывая общность их вещества; в то время как газовые туманности представляют собой примеры огромных масс разреженного пара, из которых, как можно правдоподобно предположить, первично возникла наша система.

Но современная наука выдвигает много возражений против деталей, если они в какой-то степени подтверждают фундаментальную идею космогонии Лапласа. Обнаружение ретроградного движения спутника Нептуна ясно показало, что аномальные условия мира Урана были вызваны не экстраординарными возмущениями, а систематическим разнообразием расположения на окраинах солнечной системы. Так что, если бы была обнаружена транснептуновая планета, мы были бы полностью готовы обнаружить, что она вращается и окружена спутниками, вращающимися с востока на запад. Равномерность движения, на вероятностях, связанных с которой французский геометр в основном основывал свою схему, таким образом, сразу же исчезает.

Чрезмерно быстрое вращение внутренней части марсианской луны является еще одним камнем преткновения. По мнению Лапласа, *ни один* спутник не может совершить оборот за более короткое время, чем его первичный оборот; ибо в период своего обращения он переживает период вращения родительской массы, которая заполняла сферу его орбиты в момент его рождения. И вращение ускоряется по мере продолжения сжатия; следовательно, более раннее время осевого вращения неизменно должно быть больше. Однако это препятствие, как мы сейчас увидим, можно обойти.

Более серьезным является вопрос, связанный с планетарными периодами, на который указал Бабин в 1861 году.<sup>[1163]</sup> Чтобы согласовать их с гипотезой последовательного отделения от вращающегося и сжимающегося тела, необходимо сделать определенные произвольные предположения о колебаниях в распределении вещества, образующего это тело, в различные эпохи отделения.<sup>[1164]</sup> Такие меры обычно заслуживают недоверия, которое они вызывают. Примитивные и постоянные нарушения плотности в солнечной туманности, такие как предполагают расчеты мисс Янг,<sup>[1165]</sup> с другой стороны, не кажутся изначально невероятными.

Опять же, профессор Кирквуд возразил в 1869 году[1166], что в такой чрезвычайно рассеянной массе, из которой, как предполагается, возникли планеты, не могло быть достаточной сплоченности, чтобы объяснить большие промежутки между ними. Вещество, отделенное из-за растущего превышения центробежной скорости, было бы выброшено не в результате редко повторяющихся усилий, а постоянно, фрагментарно, *pari passu* с конденсацией и ускорением. Каждый сгусток туманности, обнаружив, что его излишне торопят, объявил бы о своей независимости и начал бы вращаться и конденсироваться сам по себе. Результатом стал бы метеорит, а не планетная система.

Более того, возникает вопрос, не следует ли относительный возраст планет порядку, прямо обратному тому, к которому пришел Лаплас. Профессор Ньюкомб придерживается мнения, что кольца, которые в конечном итоге образовали планеты, отделились от основного тела туманности почти одновременно, приоритет, если таковой имелся, был на стороне внутреннего и меньшего:[1167] в то время как в М. Космогония Фэй,[1168] ретроградное движение систем, образованных двумя внешними планетами, приписывается — правда, на основании сомнительной достоверности — их сравнительно позднему происхождению.

Эта гениальная схема была разработана не просто для завершения, но для замены схемы Лапласа, которая, несомненно, благодаря включению в нашу систему противоположно направленных вращений теряет право просто и единолично объяснять фундаментальные особенности своей структуры.

Ведущее утверждение М. Фэя состоит в том, что при обстоятельствах, предполагаемых Лапласом, ретроградным вращением должны были обладать не только две внешние планеты, но и вся компания. Ибо они образовались — *ex hypothesi* — после солнца; центральное уплотнение достигло продвинутой стадии, когда кольца, из которых они были получены, разделились; следовательно, принцип обратных квадратов оставался в силе, и законы Кеплера действовали в полную силу. Теперь частицы, циркулирующие в соответствии с этими законами, могут только — поскольку их скорость уменьшается от центра притяжения — объединяться в шар с *обратным* осевым движением. Лаплас также не был слеп к этому недостатку в своей теории; но его попытка устранить его, хотя и выдерживала проверку большую часть столетия,[1169] вряд ли увенчалась успехом. Его планетообразующие кольца были созданы так, чтобы вращаться *все как одно целое*, таким образом, их внешние

части неизбежно перемещались с более высокой линейной скоростью, чем их внутренние части, и в конечном итоге объединялись, в равной степени по необходимости, в тело, вращающееся *вперед*. Однако необходимую силу сцепления можно с уверенностью назвать невозможной, особенно если учесть, что речь шла о туманных материалах.

Реформа, предложенная М. Фэем, состоит в признании того, что все планеты внутри Урана имеют досолнечное происхождение - что они приняли шаровидную форму в недрах почти однородной туманности, вращаясь за один период с ускорением движения от центра к окружности и, следовательно, собираясь в массы с прямым вращением. Уран и Нептун обязаны своими исключительными характеристиками своему более позднему рождению. Когда они возникли, развитие солнца было уже далеко продвинуто, центральная сила фактически приобрела свою нынешнюю мощь, единство периода было отменено ее преобладанием, и движение наружу было замедлено.

Таким образом, то, что мы можем назвать относительной хронологией солнечной системы, снова оказывается в замешательстве. Порядок старшинства планет теперь определить не легче, чем вопрос "Кто первый, кто последний?" среди жертв копья Гектора. Ибо аранжировки месье Фэя, несмотря на мастерство, с которым он их представил, не могут быть безоговорочно приняты. Возражения против них, вдумчиво выдвинутые М. К. Вольфом [\[1170\]](#) и профессором Дарвином, [\[1171\]](#) серьезны. Не в последнюю очередь это связано с его упущением принять во внимание фактор перемен, который в настоящее время должен быть замечен.

Еще одно ценное обсуждение этого вопроса было опубликовано М. дю Лигондесом в 1897 году. [\[1172\]](#) Его взгляды совпадают с взглядами Фэй, измененными, чтобы обезоружить критику, с которой они столкнулись; и особого внимания заслуживает его веское замечание о том, что каждая планета имеет свою собственную историю жизни, существенно отличную от других, и, несмотря на первоначальное единство, ее не следует путать с ними. Направление недавних исследований, по-видимому, действительно состоит в том, чтобы обнаружить, что эмбриональная солнечная система уже потенциально сформировалась в родительской туманности, подобно дубу в желуде, и отвести подробные объяснения ее особенностей к смутному пред-туманному времени.

Теперь мы подходим к самому замечательному исследованию — поистине уникальному в своей профессии, которое с математической точностью возвращает нас к происхождению небесного тела. Мы ссылаемся на исследования профессора Дарвина о прежних взаимоотношениях Земли и Луны.[1173]

Они имеют дело исключительно с эффектами приливного трения, и в первую очередь с теми, которые возникают в результате не океанических, а "телесных" приливов, таких, какие солнце и луна, должно быть, вызывали в прошлые века на жидкой или вязкой земле. Непосредственным результатом любого из этих действий, как уже объяснялось, является нарушение вращения тела, на которое воздействует прилив, в отношении тела, вызывающего прилив, в результате чего оно всегда поворачивается одной и той же стороной к нарушителю. Мы можем видеть, что это было полностью реализовано в случае с Луной. Однако существует вторичный или реактивный эффект. Действие всегда взаимно. Точно так же, как Луна тянет земную приливную волну назад, приливная волна тянет луну вперед. Но продвижение тела вперед по своей орбите подразумевает расширение этой орбиты; другими словами, Луна в результате приливного трения очень медленно удаляется от земли. Это будет продолжаться (остальные обстоятельства остаются неизменными) до тех пор, пока удлиняющийся день не догонит более медленно удлиняющийся месяц, когда каждый из них будет составлять около 1400 часов. [1174] Тогда будет достигнуто то, что мы можем назвать приливным равновесием между землей и Луной (помимо нарушения другими телами).

Если, однако, верно, что в грядущем времени Луна будет намного дальше от нас, то из этого следует, что в прошлом она была намного ближе к нам, чем сейчас. Проследивая ее историю с помощью подсказки профессора Дарвина, мы, наконец, обнаруживаем, что она вращается где-то между двумя и четырьмя часами, почти в контакте с землей, вращающейся точно с такой же скоростью. Это было до того, как приливное трение начало свою работу по снижению осевой скорости и расширению орбитального диапазона. Но положение не было устойчивым равновесием. Малейшее неравенство должно было вызвать серию некомпенсированных изменений. Если бы Луна вращалась хотя бы на йоту быстрее, чем земля, она, должно быть, упала бы на нее. Ее фактическое существование показывает, что шаткое равновесие склонилось в другую сторону. Для начала месяц превысил день на секунду или две; приливная волна опередила Луну; в игру вступило приливное трение, и наш спутник начал свое

долгое спиральное путешествие прочь от родительского земного шара. Подсчитано, что это должно было произойти *по меньшей мере* пятьдесят четыре миллиона лет назад.

В том, что такого рода приливо-отливной реактивный эффект сыграл свою роль в приведении Луны в ее нынешнее положение и до сих пор, в какой-то незначительной степени, влияет на его изменение, не может быть никаких сомнений. Непреодолимая догадка унесла исследователя своих строго выводимых следствий на шаг дальше от них. Время обращения Луны, когда она находится так близко к земле, что едва может избежать контакта с ней, должно было составлять, согласно Закону Кеплера, более двух и менее двух с половиной часов. Теперь оказывается, что наиболее высокая скорость вращения текучей массы средней плотности Земли, соответствующая сфероидальному равновесию, составляет два часа двадцать минут. Ускорьте движение, но только на одну секунду, и земной шар разлетится на части. Отсюда следует вывод, что земля на самом деле *разлетелась* на части из-за чрезмерно быстрого вращения, и последовавший за этим разрыв представляет собой родовые муки Луны. Вполне вероятно, что это событие было ускорено или ускорено солнечными приливами.

Резюмировать. Анализ отслеживает два тела в обратном направлении, пока не оставляет их в очень тесном соседстве, одно вращается, а другое - примерно за одно и то же время, и это время, безусловно, не сильно отличается от критического периода неустойчивости земного сфероида и, вполне возможно, идентично ему. "Является ли это, - спрашивает профессор Дарвин, - простым совпадением, или это скорее указывает на распад первобытной планеты на две массы в результате слишком быстрого вращения?"[1175]

Мы испытываем искушение, но не имеем права дать безоговорочное согласие. Мистер Джеймс Нолан из Виктории ясно дал понять, что Луна не могла существовать как сплошная масса под воздействием мощного разрушительного напряжения, которое воздействовало бы на нее, когда она вращалась почти в контакте с нынешней поверхностью Земли; и профессор Дарвин, принимая это возражение, признает, что наш спутник на его начальной стадии имеет альтернативную форму стаи метеоритов.[1176] Но такое скопление, должно быть, было быстро рассеяно приливом в метеорное кольцо. Впоследствии тот же исследователь установил 6500 миль от центра до центра как минимальное расстояние, на котором Луна могла бы совершить полный оборот; и он пришел к

выводу, что "необходимо предположить, что после рождения спутника, если это вообще происходит таким образом, происходит ряд изменений, которые совершенно неизвестны".[1177] Однако доказательства эффективности приливного трения в создании реальной конфигурации лунно-земной системы не отменяются этой неспособностью проникнуть в тайну ее происхождения. Под его влиянием основные элементы этой системы вступают во взаимозависимые взаимоотношения. Он связывает, случайно и количественно, периоды обращения Луны и вращения Земли, наклон эклиптики, наклон и эксцентриситет лунной орбиты. Все это вряд ли может быть случайным.

Первые исследования профессора Дарвина по этому вопросу были представлены Королевскому обществу 18 декабря 1879 года. За ними последовало, 20 января 1881 г.,[1178], исследование на тех же принципах более раннего состояния всей солнечной системы. Результаты были предупреждением против поспешных обобщений. Они показали, что лунно-земная система, далекая от того, чтобы быть образцом для их развития, была единственным исключением среди тел, вращающихся под воздействием солнца. Его особенность заключается в том факте, что Луна *пропорционально* является самым массивным спутником среди всех известных планет. Таким образом, его возмущающая сила по отношению к своему первичному источнику аномально велика, и, как следствие, приливное трение сыграло преобладающую роль в приведении их взаимоотношений в их нынешнее состояние.

Сравнительно позднее рождение луны, как правило, подтверждает этот вывод. Размеры земли не слишком отличались (согласно нашим нынешним авторитетным источникам) от нынешних, когда каким-то образом появилось на свет ее единственное потомство. Установлено, что ни с одной другой планетой этого не было. Маловероятно, что спутники Юпитера, Сатурна или Марса (мы можем смело добавить, что Урана или Нептуна) когда-либо вращались по гораздо более узким орбитам, чем те, по которым они движутся сейчас; практически несомненно, что они, подобно нашей Луне, возникли не очень близко к *нынешним* поверхностям своих основных звезд.[1179] Что следует? Сила тела, поднимающего прилив, растет с приближением в быстро увеличивающемся соотношении. Таким образом, лунные приливы, должно быть, были в огромных масштабах, когда луна совершала оборот на малую долю своего фактического расстояния от земли. Но ни один другой спутник, с которым мы знакомы, никогда не занимал соответствующего



положения. Следовательно, ни один другой спутник никогда не обладал возможностями подъема приливов, хотя бы сравнимыми с возможностями Луны. Мы еще раз приходим к выводу, что приливное трение оказало здесь влияние, сильно отличающееся от его влияния в других местах. Однако вполне возможно, что это влияние может быть израсходовано в большей степени, чем в менее совершенных комбинациях вращающихся шаров. М-р Нолан пришел к выводу в 1895 году<sup>[1180]</sup>, что он все еще сохраняет заметную эффективность в нескольких областях внешних планет. Спутники Юпитера и Сатурна, по его расчетам, находятся на пути разумного отступления под давлением постоянной ряби, создаваемой ими на поверхностях своих гигантских первичных объектов. Таким образом, он связывает внутреннее положение пятого спутника Юпитера с его небольшой массой. Слабость его приливной силы вынудила его держаться позади своих товарищей, ибо нет никаких признаков того, что он был более юным, чем галилейский квартет.

Податливость пластичных тел под действием неодинакового притяжения - явление с далеко идущими последствиями. Мы знаем, что солнце, так же как и луна, вызывает приливы в наших океанах. Следовательно, должно существовать солнечное, не в меньшей степени, чем лунное, приливное трение. Сразу возникает вопрос: какую роль оно сыграло в развитии солнечной системы? Была ли она когда-либо одной из ведущих по важности, или ее влияние всегда было, как и сейчас, второстепенным, почти пренебрежимо малым? На это тоже профессор Дарвин дает ответ.

Можно без колебаний заявить, что солнцe давало рождение планетам, как предполагалось, что земля дала рождение Луне, путем разрушения ее уже уплотненной, хотя и вязкой и светящейся массы, которая затем постепенно отталкивала их назад от своей поверхности на их нынешние места. Ибо максимально возможное увеличение продолжительности года за счет приливного трения составляет один час; а пять минут - более вероятная оценка.<sup>[1181]</sup> Таким образом, что касается притяжения приливных волн, создаваемых планетами на солнце, то расстояния последних никогда заметно не отличались от нынешних; хотя эта причина, возможно, превратила пройденные ими пути из кругов в эллипсы.

Однако на их *физическую* историю это, вероятно, в значительной степени повлияло. Первым жизненно важным вопросом для каждого из них было — спутники или их отсутствие? Должны ли



они быть не только управляемыми, но и управляющими, или они должны вращаться в стерильной изоляции на протяжении эонов своего будущего существования? Здесь есть веские основания полагать, что движущей силой было солнечное приливное трение. Примечательно, что плодovitость планеты увеличивается — по крайней мере, так далеко, как Сатурн, — с удалением от солнца. Могут ли эти два факта быть каким-либо образом связаны? Другими словами, существует ли какой-либо мыслимый способ, с помощью которого приливное воздействие могло бы предотвратить выброс вторичных тел? Нам стоит только на мгновение задуматься, чтобы увидеть, что это как раз один из его прямых результатов.<sup>[1182]</sup>

Приливное трение, будь то солнечное или лунное, имеет тенденцию уменьшать осевое перемещение тела, на которое оно воздействует. Но разделение спутников зависит — согласно полученному представлению — от достижения резкой скорости вращения. Следовательно, если бы солнечное приливное трение было достаточно сильным, чтобы снизить скорость ниже этой критической точки, сжимающаяся масса осталась бы нетронутой — не было бы образования спутников. Это, по всей вероятности, на самом деле произошло и в случае Меркурия, и в случае Венеры. Они охлаждались без разделения, потому что приложенный к ним солнечный фрикционный тормоз был слишком сильным, чтобы позволить ускорению превысить предел равновесия. Недавние наблюдения сделали вероятным полное прекращение их относительного осевого перемещения; и то, что процесс шел быстро, является разумным дальнейшим выводом. Земля едва избежала участи одиночества, постигшей ее соседей. Ее первая и единственная эпоха нестабильности затянулась до тех пор, пока она почти не достигла зрелости. Позднее появление Луны объясняется ее большим относительным размером — из-за возросшего сцепления и без того сильно уплотненной родительской массы — и отличительными особенностями ее истории и влияния на земной шар-производитель.

Солнечное приливное трение, хотя оно и не препятствовало образованию двух мельчайших элементов, зависящих от Марса, было использовано для объяснения аномально быстрого вращения одного из них. Фобос, как мы видели, совершает более трех оборотов, в то время как Марс вращается один раз. Но, вероятно, так было не всегда. Первоначально эти два периода были почти равны. Утверждается, что разница была вызвана приливными волнами, поднятыми солнцем на полужидком сфероиде Марса. Таким образом, скорость вращения была

снижена, марсианские сутки медленно удлинялись, и, как вторичное следствие, период внутреннего спутника, ставший короче увеличенных суток, начал постепенно уменьшаться. Таким образом, Фобос, в отличие от нашей Луны, изначально был дальше от своей звезды, чем сейчас.

Но и здесь мистер Нолан сделал *оговорку*. Применив простой тест численной оценки, он показал, что до того, как солнечное приливное трение смогло удлинить период вращения Марса хотя бы на одну минуту, Фобос должен был выпасть осадком на его поверхность.<sup>[1183]</sup> Огромная разница в массах между ним и Солнцем настолько нивелируется огромной разницей в их соответствующих расстояниях от Марса, что солнечная приливная сила там всего в пятьдесят раз больше, чем у маленького спутника. Но приливные эффекты спутника, вращающегося быстрее, чем его первичный спутник, в точности противоположны эффектам спутника, движущегося, как наша Луна, сравнительно медленно, так что приливы, вызванные Фобосом, имеют тенденцию *сокращать* оба периода. Его орбитальный импульс, однако, настолько чрезвычайно мал по сравнению с вращательным моментом Марса, что любое заметное воздействие на последний сопровождается щедрым и разорительным расходом первого. Это все равно, как если бы человек, владеющий единственной пятифунтовой банкнотой, играл на равных с человеком, обладающим миллионом. Неизбежное банкротство прообразом грядущей судьбы внутреннего спутника Марса. Катастрофа его падения должна вызвать лишь очень слабое реактивное притяжение по сравнению с трением, которое должно приложить солнце, чтобы продлить марсианские сутки на одну минуту. И исходя из пропорциональной силы действующих сил, совершенно очевидно, что один результат не может иметь места без другого. Не могло быть существенных изменений и в прошлом; следовательно, следует отказаться от идеи, что первоначальное время вращения Марса сохраняется в период его внутреннего спутника.

Аномальная короткость последней, однако, может быть, по мнению М. Вольфа,<sup>[1184]</sup> объяснена "эллиптическими линиями", которыми Рош дополнил кольцевание туманности.<sup>[1185]</sup> Они восходят к спуску отделяющихся слоев с *плеч* большого туманного сфероиды к его экваториальной плоскости. Таким образом, скорость их вращения была относительно мала, и они образовывали "внутренние кольца", расположенные гораздо ближе к центру конденсации, чем это было бы возможно в соответствии с неизменной теорией Лапласа. С этой точки

зрения, Фобос можно было бы назвать смещением полюсов Марса; считается, что кольца Сатурна имеют аналогичное происхождение.

За пределами орбиты Марса вряд ли можно сказать, что солнечное приливное трение в настоящее время обладает какой-либо ощутимой силой. Но далеко не наверняка, что так было всегда. Представляется вполне вероятным, что его влияние было преобладающим при определении направления вращения планет. М. Фэй, как мы видели, возражал против схемы Лапласа, утверждая, что с ее помощью могут быть созданы только ретроградные вторичные системы. В этом его опередил Кирквуд, который, однако, дал ответ на свое собственное возражение.

[1186]

Вызванные Солнцем приливы, должно быть, с огромной силой воздействовали на рассеянные массы планет-эмбрионов. С их помощью они, несомненно, очень скоро научились поворачивать (на лунный манер) одно и то же полушарие всегда к своему центру движения. Это равносильно утверждению, что даже если они начинались с ретроградного вращения, оно было из-за солнечного приливного трения быстро переведено в прямое.

[1187] Вряд ли нужно указывать, что планета, обращенная неизменной стороной к солнцу, вращается в том же направлении, в котором она вращается, и за тот же период. Поскольку с развитием конденсации приливы становились слабее, а вращение - быстрее, ускоренное вращение обязательно происходило в предписанном для него смысле. Следовательно, обратные осевые движения Урана и Нептуна вполне могут быть следствием неэффективности солнечных приливов на их большом расстоянии от положения вещей, изначально преобладавшего повсеместно во всей системе.

Общим результатом исследований мистера Дарвина было то, что космогония Лапласа осталась нетронутой. Он ничего не заключает против этого, и, что, возможно, говорит о большем весе в долгосрочной перспективе, ему нечего заменить. В той или иной форме, если мы вообще рассуждаем о развитии планетной системы, наши рассуждения приводятся в соответствие с общими положениями Небулярной гипотезы — по крайней мере, в той степени, в какой допускается первоначальное материальное единство и единообразие мотивов. Но теперь мы можем видеть лучше, чем раньше, что они дают голый и несовершенный набросок истины. Мы бы серьезно ошиблись, если бы предположили, что возможно реконструировать с помощью любых

знаний, которыми когда-либо, вероятно, будет обладать наша раса, реальную и полную историю нашей замечательной системы. "Утонченность природы, - говорит Бэкон, - во многих отношениях превосходит утонченность интеллекта и чувств человека". Результаты, которыми мы восхищаемся, и фрагмент, которым обусловлена наша жизнь, были получены не простой бесплодной формулой эволюции, применяемой повсюду без разбора; но многообразной игрой взаимодействующих сил, по-разному модифицированных и по-разному преобладающих, в соответствии с местными требованиями замысла, который они были призваны выполнять.

## СНОСКИ:

[1150] *Изложение системы мира*, т. ii., стр. 295.

[1151] В более поздних изданиях была добавлена ретроспективная оговорка, допускающая предшествующее состояние любой туманности, кроме мимолетной.

[1152] *Méc. Cél.*, lib. xiv., глава iii.

[1153] *Beiträge zur Dynamik des Himmels*, p. 12.

[1154] *Перевод. Роу. Общество Эдинбурга*, том xxi., стр. 66.

[1155] Ньюкомб, *Поп. Астр.*, стр. 521 (2-е изд.).

[1156] М. Уильямс, *Природа*, том iii., стр. 26.

[1157] *Сост. Брит. Альманах*, стр. 94.

[1158] Радау, *Булл. Астр.*, т. ii., с. 316.

[1159] Ньюкомб, *Поп. Астр.*, стр. 521-525.

[1160] *Процедура. Соч.*, том. xxxiii., стр. 393.

[1161] Против этого враждебного аргумента, на котором настаивал г-н Э. Дуглас Арчибальд, сэр У. Сименс выступил против увеличения скорости вращения за счет сжатия (*Природа*, том xxv., стр. 505). Но сокращение не может восстановить утраченный импульс.

[1162] *Эволюция звезд и ее связь с геологическим временем*, 1889.

[1163] *Comptes Rendus*, т. ii., стр. 481. См. также Кирквуд, *Обсерватория*, том iii., стр. 409.

[1164] Фуше, *Собрание сочинений*, т. xcix., стр. 903.

[1165] *Астроф. Jour.*, vol. xiii., с. 338.

[1166] *Месяц. Не.*, том xxix., стр. 96.

[1167] *Всплывающее окно. Астр.*, стр. 257.

[1168] *История происхождения мира*, 1884.

[1169] Кирквуд рекламировал это в 1864 году, *Am. Jour.*, vol. xxxviii., стр. 1.

[1170] *Бык. Астр.*, т. ii.

[1171] *Природа*, т. xxxi., стр. 506.

[1172] *Формирование Мексиканской системы мира; Бык. Астр.*, т. xiv, с. 313 (О. Калландро). См. также, *"Проблема солнца"*, аббат Т. Море, 1900.

[1173] *Фил. Пер.*, том. clxxi., стр. 713.

[1174] Г-н Дж. Нолан указал (*Nature*, vol. xxxiv., стр. 287), что продолжительность равного дня и месяца сократится примерно до 1240 часов под действием *солнечного* приливного трения.

[1175] *Фил. Пер.*, том. clxxi., стр. 835.

[1176] *Природа*, т. xxxiii., стр. 368; см. также Nolan, *Там же.*, vol. xxxiv., с. 286.

[1177] *Фил. Пер.*, том. clxxviii., стр. 422.

[1178] *Там же.*, т. clxxii., р. 491.

[1179] *Там же.*, стр. 530.

[1180] *Эволюция спутников*, Мельбурн, 1895; *Знание*, том. xviii., с. 205.

[1181] *Фил. Пер.*, вып. clxxii., р. 533.

[1182] Это было воспринято М. Э. Рошем в 1872 году. *Воспоминания академика. des Sciences de Montpellier*, t. viii., р. 247.

[1183] *Природа*, том. xxxiv., стр. 287.

[1184] *Бычий текст. Астр.*, т. ii., с. 223.

[1185] *Монпелье Méms.*, Т. VIII в., стр. 242.

[1186] *Амер. Jour.*, vol. xxxviii. (1864), стр. 1.

[1187] *Волк, бык. Астр.*, т. ii., с. 76.

## ГЛАВА X

### НЕДАВНИЕ КОМЕТЫ

2 июня 1858 года Джамбаттиста Донати обнаружил во Флоренции слабую круглую туманность в созвездии Льва, примерно в одну десятую диаметра полной луны. Оказалось, что это комета, приближающаяся к Солнцу. Но ее видимое местоположение и яркость мало менялись в течение нескольких недель. Постепенное образование центрального сгустка света было первым симптомом надвигающегося великолепия. В Гарварде в середине июля было замечено сильное звездное ядро; 14 августа начал выбрасываться хвост. Поскольку до прохождения кометой перигелия оставалось еще более шести недель, было очевидно, что от нее можно ожидать многого. Они не преминули это осознать.

Только в первых числах сентября его можно было разглядеть невооруженным глазом, хотя он был обнаружен без бинокля в Пулковой 19 августа. Но с тех пор его рост был на удивление быстрым, поскольку он ускоренным движением пронесся под самой задней лапой Большой Медведицы и мимо усыпанных звездами локонов Береники. Внезапный скачок блеска был замечен 12 сентября, когда ядро засияло примерно с яркостью полярной звезды, а хвост, несмотря на большой ракурс, можно было проследить при наименьшей мощности телескопа на протяжении шести градусов сферы. Придасток, однако, достиг своего полного развития только после перигелия, 30 сентября, и к этому времени он также находился почти перпендикулярно линии обзора с земли. 10 октября оно растянулось великолепной ятаганообразной кривой на треть видимого полушария и выше, представляя собой реальную протяженность в пространстве на пятьдесят четыре миллиона миль. Но самое поразительное зрелище было представлено 5 октября, когда яркая звезда Арктур оказалась вовлеченной в самую яркую часть хвоста и в течение многих часов вносила свой вклад, не ослабленный вставленным туманным экраном, в усиление величия самого величественного

небесного объекта, впечатление о котором сохранили живые воспоминания. Комета Донати была, согласно свидетельству адмирала Смита,<sup>[1188]</sup> превзойдена великой кометой 1811 года "как простой *достопримечательный* объект"; но то, чего ей не хватало в великолепии, она, несомненно, восполнила изяществом и разнообразием того, что мы можем назвать "сценическими" эффектами.

Некоторые из них были не менее интересны студенту, чем впечатляли зрителя. В Пулкове 16 сентября Виннеке,<sup>[1189]</sup> первый директор Страсбургской обсерватории, наблюдал слабую внешнюю оболочку, напоминающую вуаль почти неуловимой текстуры, несколько широко раскинутую над головой. Следующим вечером появился первый из "вторичных" хвостов, возможно, как часть того же явления. Это был узкий прямой луч, образующий касательную к сильному изгибу первичного хвоста и простирающийся на еще большее расстояние от ядра. Он оставался слабо видимым около трех недель, в течение части этого времени его видели в двух экземплярах. Ибо из самого главного поезда, в точке, где его кривизна резко менялась, исходил, как будто из-за отказа от некоторых его материалов, второй луч, почти параллельный первому, жесткая линия которого странно контрастировала с мягко рассеянным и колышущимся шлейфом света, из которого он исходил. Теория Ольберса о неравных силах отталкивания никогда не была проиллюстрирована более прекрасно. Тройной хвост казался наглядным солнечным анализом кометного вещества.

Процессы светоизлучения, происходящие в этом теле, заставляют вспомнить наблюдения, сделанные над кометами 1744 и 1835 годов. С середины сентября ядро, диаметр которого, по оценкам Бонда, составлял менее пятисот миль, стало центром действия самого энергичного рода. Семь отдельных "оболочек" были последовательно отделены от туманности, окружающей голову, и после подъема к солнцу в течение периодов от четырех до семи дней, наконец, отбросили свой материал назад, образовав правую и левую ветви большого поезда. Разделение их неясной осью — по—видимому, такой же черной, довольно близко к ядру, как небо, — указывало на полую, конусообразную структуру хвоста;<sup>[1190]</sup> в то время как повторение определенных пятен и лучей в одном и том же соответствующем положении на одной оболочке за другой показало, что ядро — из—за какой-то местной особенности, которой они, несомненно, были обязаны — не имело надлежающего вращения. , но просто смещен достаточно относительно оси, чтобы сохранить тот же аспект по отношению к солнцу, когда оно

движется вокруг него.<sup>[1191]</sup> Это наблюдение Бонда убедительно подтверждает гипотезу Бесселя о противоположных полярностях на противоположных сторонах таких тел.

Выступление к солнцу 25 сентября блестящего светящегося веерообразного сектора довершило сходство с кометой Галлея. Внешний вид головки теперь напоминал газовый фонарь "крыло летучей мыши". Однако не было никаких колебаний взад-вперед, подобных тем, которые Бессель видел и о которых размышлял в 1835 году. По мере того как размер ядра сокращался с приближением к перигелию, его интенсивность увеличивалась. 2 октября он затмил Арктур и в течение недели или десяти дней был заметным объектом через полчаса после захода солнца. Его блеск — за исключением света, исходящего от хвоста — на тот момент был в 6300 раз больше, чем 15 июня, хотя *теоретически* — принимая во внимание, то есть только разницу в расстоянии от солнца и земли — он должен был составлять лишь  $1/33$  от этого количества. Можно было бы подумать, что это убедительное доказательство того, что сама комета воспламеняется под действием растущей интенсивности солнечного излучения. Однако эксперименты с полярископом были истолкованы в неблагоприятном смысле, и с выводом Бонда о том, что комета посылала нам практически несмешанный отраженный солнечный свет, в целом согласились. Тем не менее, первое применение спектроскопа к этим телам дало отрицательный результат.

Очень немногие кометы наблюдались так хорошо и так долго, как комета Донати. Он был виден невооруженным глазом в течение 112 дней; в телескоп он был различим 275 дней, последнее наблюдение было сделано мистером Уильямом Манном на мысе Доброй Надежды 4 марта 1859 года. Его курс по небесам странным образом сочетался с орбитой земли, что благоприятствовало любопытному наблюдению. Хвост, когда он был близок к своему наибольшему развитию, почти ничего не терял от эффекта перспективы и в то же время лежал в плоскости, достаточно наклоненной к линии обзора, чтобы позволить ему с наибольшей выгодой демонстрировать свои изысканные изгибы. Даже погода по обе стороны Атлантики была благоприятной в период наибольшего интереса, а луна доставляла как можно меньше хлопот. Книга, составленная младшим Бондом, является памятником тщательности и мастерства, с которыми были учтены эти преимущества. Однако это величественное явление не стало поворотным моментом в истории науки о кометах. Благодаря его изучению знания действительно продвинулись материально, но по старым линиям.



На его пути не возникло быстрого и яркого озарения. Совершенно незначительные предметы — как мы уже частично убедились — часто оказывались более жизненно поучительными.

Комета Донати не была идентифицирована ни с какой другой. Его траектория представляет собой чрезвычайно вытянутый эллипс, лежащий в плоскости, далекой от плоскости движения планет, унося его в перигелии значительно в пределах орбиты Венеры, а в афелии выводя в космос на расстояние, в  $5\frac{1}{2}$  раза превышающее расстояние от солнца Нептуна. Весь цикл занимает более 2000 лет и выполняется в ретроградном направлении или против порядка следования Знаков. До его следующего возвращения, примерно в 4000 году н.э., загадка его присутствия и его назначения, возможно, была в некоторой степени разгадана — хотя мы можем быть уверены, что не полностью.

30 Июня 1861 года земля во второй раз за столетие прошла через хвост огромной кометы. Некоторые из наших читателей, возможно, помнят неожиданное появление в тот вечер, когда солнце скрылось за горизонтом, объекта, столь примечательного, что привлекло всеобщее внимание. Золотисто-желтый планетный диск, окутанный плотной туманностью, засиял, когда июньские сумерки в этих широтах еще только набирали силу. Количество и сложность оболочек, окружающих голову, произвели, по словам покойного мистера Уэбба,<sup>[1192]</sup> великолепный эффект. Были прослежены участки шести различных эманаций. "Это было так, как будто несколько легких, туманных облаков плыли вокруг миниатюрной полной луны". Когда небо потемнело, стал виден хвост.<sup>[1193]</sup> Хотя по яркости и четкости изображения он не мог конкурировать с дисплеем 1858 года, его размеры оказались экстраординарными. Она поднималась выше зенита, когда голова уже опускалась. Некоторыми авторитетными источниками ее крайняя длина была указана в  $118^\circ$ , и на ней не было никаких следов искривления. Наиболее примечательным, однако, было появление двух широко расходящихся лучей, каждый из которых указывал на голову, хотя и был отрезан от нее небесным освещением, один из которых был замечен мистером Уэббом и оба мистером Уильямсом в Ливерпуле за четверть часа до полуночи. Кажется, нет никаких сомнений в том, что интерпретация Уэбба была верной, и что эти лучи на самом деле были "перспективным изображением конического или цилиндрического хвоста, висящего близко над нашими головами и, вероятно, только что поднятого из нашей атмосферы".<sup>[1194]</sup> Затем кометный шлейф быстро удалялся от земли, так что

стороны "развернутого веера" света, показанного им, когда мы были прямо на линии его оси, должно быть, появились (как они и сделали), чтобы сомкнуться при удалении. Быстрота, с которой визуально раскрытый веер закрылся, доказывала его близость; и действительно, расчеты мистера Хинда показали, что в тот самый момент мы были не столько рядом, сколько фактически внутри его складок.

Уже М. Лиз на основании своих наблюдений в Рио-де-Жанейро с 11 по 14 июня и м-р Теббатт, которым комета была открыта в Новом Южном Уэльсе 13 мая, предвидели такую встречу, в то время как первый впоследствии доказал, что она должна была произойти таким образом, чтобы вызвать погружение земли в кометное вещество на глубину 300 000 миль.<sup>[1195]</sup> В то время комета находилась между землей и Солнцем на расстоянии примерно четырнадцати миллионов миль от солнца; ее хвост вытянулся наружу как раз по линии пересечения ее собственной орбиты с земной орбитой на протяжении пятнадцати миллионов миль; так что наш земной шар, случайно проходивший в то время мимо, на несколько часов оказался вовлеченным в тонкий придаток.

Встреча не произвела никаких заметных эффектов; было известно, что она произошла только теоретически. Странное сияние в небе, которое, по мнению некоторых, отличало вечер 30 июня, было в лучшем случае незаметным. Не было также никаких симптомов необычного электрического возбуждения. Следующей ночью гринвичские приборы действительно были потревожены, но было бы опрометчиво делать вывод, что комета искусно или частично повлияла на их возбуждение.

Прохождение перигелия этого тела произошло 11 июня 1861 г.; и его орбита, как показал М. Крейц из Бонна в результате очень полного исследования, основанного на наблюдениях, длившихся почти год, представляет собой эллипс, пройденный за период в 409 лет.<sup>[1196]</sup>

Ближе к концу августа 1862 года высоко в северном полушарии невооруженным глазом стала видна комета с ядром, равным по яркости меньшим звездам созвездия Плуг, и слабым хвостом длиной 20°. Таким образом, он занимал довольно второстепенное положение среди представителей своего класса. Тем не менее, это был великолепный объект по сравнению с телескопической туманностью, открытой Темпелем в Марселе 19 декабря 1865 года. Эта единственная комета 1866 года проскользнула мимо

перигелия 11 января без помпезного шлейфа или других придатков, и могло показаться, что она едва ли стоит того, чтобы ее преследовать. К счастью, наблюдатели и компьютеры придерживались иного мнения, поскольку на полученных знаниях о движениях этих двух тел было основано одно из самых значительных открытий современности. Первая из них теперь называется кометой (1862 iii.) августовских метеоров, вторая (1866 i.) - кометой ноябрьских метеоров. Шагов, с помощью которых удалось установить эту любопытную связь, было много, и они были предприняты последовательно несколькими людьми. Но окончательного результата добился Скиапарелли из "Милана" и заслуженно остается связанным с его именем.

Идея, распространенная в восемнадцатом веке относительно природы падающих звезд, заключалась в том, что они были просто воздушными *ignes fatui*— воспламеняющимися парами, случайно возникшими в нашей атмосфере. Но Галлей уже придерживался мнения об их космическом происхождении; и Хладни в 1794 году официально выдвинул теорию о том, что пространство заполнено мельчайшими циркулирующими атомами, которые, притягиваемые притяжением земли и воспламеняемые трением в ее газовой оболочке, производят световые эффекты, столь часто наблюдаемые.<sup>[1197]</sup> Действуя по его предложению, Брандес и Бензенберг, два студента Геттингенского университета, начали в 1798 году определять высоты падающих звезд путем одновременных наблюдений на расстоянии. Вскоре они обнаружили, что они движутся с планетарными скоростями в наиболее возвышенных областях нашей атмосферы, и установлением этого факта заложили фундамент четких знаний о них. Некоторые из собранных данных, однако, послужили лишь для того, чтобы поставить в тупик общественное мнение, и даже заставили Хладни временно отказаться от своего. Многие высокопоставленные авторитеты, возглавляемые Лапласом в 1802 году, заявляли о лунно-вулканическом происхождении метеоритов; но мысль по этому вопросу была туманной, и расследование, казалось, только разводило грязь невежества. Потребовалось одно из тех удивительных зрелищ, в которых человек участвует, уже не в ужасе за свою собственную хрупкую судьбу, а с острым любопытством и живым ожиданием новых знаний, чтобы добиться прояснения.

В ночь с 12 на 13 ноября 1833 года над землей разразилась буря из падающих звезд. Основная тяжесть обрушилась на Северную Америку. От Мексиканского залива до Галифакса, пока дневной

свет с некоторым трудом не положил конец представлению, небо во всех направлениях было испещрено сияющими дорожками и озарено величественными огненными шарами. По оценкам, в Бостоне частота выпадения метеоров примерно вдвое меньше, чем хлопьев снега во время средней метели. Их численность, пока длилась первая ярость их наступления, не поддавалась подсчету; но когда она пошла на убыль, была предпринята попытка подсчета, из которой было вычислено, на основе этого значительно уменьшившегося темпа, что 240 000 человек должны были быть видны в течение девяти часов, пока они продолжали падать.[1198]

Теперь была одна очень примечательная особенность, общая для бесчисленных малых тел, которые пересекли нашу атмосферу той ночью или были поглощены ею. *Казалось, что все они исходят из одной и той же части неба.* Прослеженные в обратном направлении, их пути неизменно сходились к точке в созвездии Льва. Более того, эта точка перемещалась вместе со звездами в их ночном кругообороте. Другими словами, он был полностью независим от Земли и ее вращения. Это была точка в межпланетном пространстве.

The Эффективное восприятие этого факта[1199] стало открытием, которое первыми осознали Олмстед и Твининг, у которых были "одновременные идеи" по этому вопросу. Денисон Олмстед в то время был профессором математики в Йельском колледже. В начале 1834 года он показал[1200], что излучение падающих метеоров из неподвижного "радианта" доказывает, что они приближаются к земле по почти параллельным линиям, которые, по-видимому, расходятся из-за эффекта перспективы; и что эти параллельные линии должны быть участками орбит, описываемых ими вокруг Солнца и пересекающихся с орбитой Земли. Ибо ноябрьское явление теперь рассматривалось как периодическое. В ту же ночь 1832 года, хотя и с меньшим ослепительным и всеобщим великолепием, чем в Америке в 1833 году, это было засвидетельствовано на большей части Европы и в Аравии. Олмстед соответственно определил облаку космических частиц (или "комете", как он предпочитал ее называть), период столкновения с землей, с которым, по его предположению, были вызваны рассматриваемые явления, примерно в 182 дня; его путь представлял собой узкий эллипс, встречающийся на самом дальнем конце от солнца в месте, занимаемом землей 12 ноября.

Итак, раз и навсегда, в результате звездопада 1833 года, изучение светящихся метеоров стало неотъемлемой частью

астрономии. Их принадлежность к солнечной системе больше не была теорией или предположением — это был установленный факт. Это открытие можно было бы сравнить с открытием группы астероидов, если бы оно не превосходило их по важности. "C'est un nouveau monde planétaire," Arago wrote,[\[1201\]](#) "qui commence à se révéler à nous."

Свидетельства периодичности продолжали накапливаться. Вспомнили, что Гумбольдт и Бонплан были свидетелями в Кумане после полуночи 12 ноября 1799 года огненного ливня, немногим уступавшего ливню 1833 года, который, как сообщалось, был виден от экватора до Гренландии. Более того, в 1834 году и в некоторые последующие годы количество повторений этого показа уменьшалось, как будто из-за постепенного истощения метеоритного запаса. Крайняя неравномерность его распространения была отмечена Ольберсом в 1837 году, который предположил, что нам, возможно, придется подождать до 1867 года, чтобы увидеть это явление возобновленным в прежнем масштабе великолепия.[\[1202\]](#) Это был первый намек на тридцатитрехлетний период.

Падающие ноябрьские звезды привлекли внимание не только ученых. Подобные явления традиционно ассоциировались с 10 августа популярной фразой, в которой они фигурировали как "слезы святого Лаврентия". Но средневековые авторитеты не могли поверить этой ассоциации. Это должно было быть научно доказано, и Кетле из Брюсселя преуспел в этом в декабре 1836 года.[\[1203\]](#)

Таким образом, было показано существование второй метеоритной вращающейся системы. Но ее создание сразу же было воспринято как фатальное для гипотезы Олмстеда о "космическом облаке". Ибо, если было бы нарушением теории вероятности приписывать одной такой агломерации период в точный год или кратный году, было бы явно абсурдно предполагать, что движение *двух* или более агломераций регулируется такими в высшей степени искусственными условиями. Альтернатива была предложена Адольфом Эрманом из Берлина в 1839 году.[\[1204\]](#) Больше не в *облаках*, а в замкнутых *кольцах*, он предположил, что метеоритное вещество вращается вокруг солнца. Таким образом, простое обстоятельство пересечения метеоритом земной орбиты без какого-либо совпадения периодов объясняло бы встречу Земли с некоторыми членами системы при каждом ежегодном прохождении через "узел" или точку пересечения. Это был важный шаг вперед,

однако он ничего не изменил в отношении формы орбит таких кольцевых скоплений; и в течение четверти века за ним не следили ни в каком направлении.

Хьюберт А. Ньютон в 1864 году поднял[1205] оборвавшуюся нить расследования. Сын матери-математички, он в возрасте двадцати пяти лет дослужился до звания профессора математики в Йельском университете и занимал этот пост до своей смерти в 1896 году. Однако отвлечение его сил от чисто абстрактных исследований стимулировало их эффективное применение и сделало его одним из основоположников метеорной астрономии.

Поиск по старым записям вернул ноябрьское явление к 902 году нашей эры, который долгое время назывался "годом звезд". Ибо в ту же ночь, когда сарацины захватили Таормину, а жестокий аглабитский тиран Ибрагим ибн Ахмед умер "по суду Божьему" перед Козенцей, звезды падали с небес в таком изобилии, что поражали и ужасали зрителей вдали и вблизи. Это было 13 октября, и повторения были прослежены на протяжении последующих столетий, всегда с задержкой на день примерно в семьдесят лет. Также было легко вывести из дат цикл продолжительностью  $33\frac{1}{4}$  года, так что профессор Ньютон без колебаний предсказал необычайно яркое метеоритное явление 13-14 ноября 1866 года.[1206]

Для астрономического объяснения этих явлений пришлось прибегнуть к введенному Эрманом методу вычисления метеорных орбит. Было обнаружено, однако, что заметные повторения каждые тридцать три или тридцать четыре года могут быть объяснены предположением о пяти совершенно разных периодах в сочетании с различной степенью протяженности в группе вращающихся. Сам профессор Ньютон отдал предпочтение самому короткому —  $354\frac{1}{2}$  дня, но указал способ с уверенностью сделать выбор в пользу истинного. Это было вызвано опережающим движением узла, или задержкой ноябрьского ливня на этот день каждые семьдесят лет, данные для обнаружения которого были предоставлены старыми хрониками. Ибо это строго измеримый эффект гравитационного возмущения со стороны различных планет, величина которого, естественно, зависит от курса, по которому движутся возмущенные тела. Здесь были задействованы огромные математические ресурсы профессора Адамса. Путем трудоемких вычислений он установил, что четыре из пяти возможных периодов Ньютона были полностью несовместимы с наблюдаемым смещением узла, в то время как для пятого —

33-1/4 года — был получен совершенно гармоничный результат. [1207] Это было последнее звено в цепи свидетельств, подтверждающих, что ноябрьские метеоры — или "Леониды", как их к тому времени стали называть, — обращаются вокруг Солнца за период 33 · 27 лет по эллипсу, охватывающему обширную пропасть между орбитами Земли и Урана, причем группа настолько протяженна, что занимает почти три годы осквернения прошедших сцен земных столкновений. Но прежде чем она была завершена в марте 1867 года, тема приобрела новый аспект и важность.

Предсказание профессора Ньютона о замечательном звездном дожде в ноябре 1866 года точно сбылось. На этот раз главной мишенью небесных снарядов послужила Европа, и наблюдатели были многочисленны и предупреждены. Экспозиция, хотя, по воспоминаниям мистера Баксенделла, [1208] уступала экспозиции 1833 года, была необычайно впечатляющей. Плотные скопления метеоров, равные по блеску самым ярким звездам, а некоторые соперничали с Венерой в ее лучших проявлениях, [1209] пронеслись с востока на запад по небу с огромной видимой скоростью и с определенной определенностью цели, как будто были пущены в полет с определенной целью и по какому-то определенному объекту. [1210] Почти все они оставляли после себя шлейфы изумрудно-зеленого или прозрачно-синего света, который иногда длился много минут, прежде чем они съеживались и сворачивались, скрываясь из виду. Максимальный ажиотаж произошел вскоре после часу ночи 14 ноября, когда попытки подсчета были подавлены частотой. Но за предыдущий интервал в семь минут пять секунд четыре наблюдателя из обсерватории мистера Бишоп в Твикенхеме насчитали 514, а за час - 1120. [1211] Еще до рассвета земля практически преодолела звездоносный слой; "эфирные ракеты" перестали летать.

Это событие еще раз привлекло внимание астрономов к теме падающих звезд. Скиапарелли, действительно, уже был привлечен этим. Результаты его исследований были обнародованы в четырех примечательных письмах, адресованных до конца 1866 года отцу Секки и опубликованных в *Бюлле тене* Римской обсерватории. [1212] Их результатом было показать, во-первых, что метеоры обладают реальной скоростью, значительно большей, чем у земли, и, соответственно, удаляются от солнца на значительно большие расстояния по траекториям, напоминающим траектории комет, поскольку они очень эксцентричны, безразлично расположены на всех уровнях и преследуются в любом направлении. Затем был сделан вывод, что кометы и



метеоры в равной степени имеют происхождение, чуждое солнечной системе, но временно втягиваются в нее солнечным притяжением и иногда фиксируются в ней обратным притяжением какой-нибудь планеты. Но главный факт был оставлен для последнего. Самым удивительным было то, что августовские метеоры движутся по одной орбите с яркой кометой 1862 года — что комета, по сути, является всего лишь более крупным членом семейства, названного "Персеиды", потому что их лучистая точка расположена в созвездии Персея.

Это открытие было быстро дополнено другими в том же роде. Леверье опубликовал 21 января 1867 г.,[\[1213\]](#) элементы для ноябрьского роя, основанные на самых последних и достоверных наблюдениях; сразу идентифицированы доктором К. Ф. В. Питерсом из Альтоны с элементами Оппольцера для кометы Темпеля 1866 года.[\[1214\]](#) Несколько дней спустя Скиапарелли, пересчитав орбиты метеоров по улучшенным данным, пришел к тому же выводу; в то время как профессор Вайс из Вены указал на совпадение между орбитами кометы, появившейся в 1861 году, и звездного дождя, который, как было обнаружено, повторился 20 апреля (Лираиды), а также между орбитами кометы, появившейся в 1861 году. данные о комете Биely и некоторых заметных метеорах 28 ноября.[\[1215\]](#)

Эти случаи не кажутся исключительными. Число известных или предполагаемых соответствий кометных следов метеорным потокам, содержащихся в списке, составленном в 1878 году[\[1216\]](#) профессором Александром С. Гершелем (который посвятил эту тему исключительно себе), составляет семьдесят шесть; хотя четыре обнаруженных первыми все еще остаются наиболее заметными и, возможно, единственными абсолютно достоверными примерами столь значительной связи с для большинства астрономов это неожиданно.

Действительно, были предвосхищающие идеи. Не то, чтобы сравнение падающих звезд Кеплером с "мельчайшими кометами" или Маскелайном "о риске возникновения кометы соно" в письме Абате Цезарису от 12 декабря 1774 г.,[\[1217\]](#) должны иметь большое значение. Но Хладни в 1819 году[\[1218\]](#) рассматривал оба как фрагменты или частицы одной и той же первичной материи, неравномерно рассеянные в пространстве в виде туманностей; а Морштадт из Праги предположил около 1837 года[\[1219\]](#) что метеоры ноября могли быть рассеянными атомами из хвоста кометы Биely, путь которой пересекает земля примерно в ту эпоху. Профессор Кирквуд, однако, благодаря



блестящей интуиции, разгадал всю тайну, насколько это еще было известно. В статье, опубликованной или, скорее, похороненной в *Danville Quarterly Review* за декабрь 1861 года, он утверждал, основываясь на наблюдаемом разделении Биелы и других менее известных примерах того же рода, что солнце оказывает "разделяющее влияние" на ядра комет, которое, как можно предположить, продолжает свое действие до тех пор, пока их совместное существование (так сказать) не закончится полным измельчением. "Не могут ли, - продолжал он, - наши периодические метеориты быть обломками древних, но ныне распавшихся комет, вещество которых распределилось по их орбитам?"<sup>[1220]</sup>

Суть открытия Скиапарелли не могла быть передана более ясно. Ибо следует иметь в виду, что к конечной судьбе хвостов комет это не имело никакого отношения. Разреженная материя, составляющая их, без сомнения, навсегда утрачена телом, из которого она произошла; но наука не претендует на то, чтобы проследить ее дальнейшие странствия в космосе. Однако он может категорически заявить, что они больше не будут проводиться по путям, оставленным под солнечным принуждением. С другой стороны, из центральных и, вероятно, твердых частей комет образуются гранулы, при быстром прохождении которых наше небо покрывается периодическими пожарами. Несомненно, что слабо агломерированная масса (такой, какой, скорее всего, являются ядра комет) должна постепенно отделяться из-за неодинакового действия силы тяжести на различные ее части — короче говоря, из-за влияния солнечных приливов. С этого момента его фрагменты будут вращаться независимо по параллельным орбитам, сначала как рой, наконец — когда будет дано время для полного проявления эффекта отставания более медленных движущихся частиц — как замкнутое кольцо. Первое условие все еще, более или менее, соответствует ноябрьским метеорам; августовские метеориты уже достигли второго. По этой причине Леверье в 1867 году объявил, что Персеида имеет более древнее образование, чем система Леонида. Он даже назначил дату, когда вывод последних названных тел на их нынешнюю орбиту, вероятно, был осуществлен под влиянием Урана. В 126 году нашей эры, должно быть, произошло сближение планеты с родительской кометой ноябрьских звезд, после чего началось ее регулярное возвращение в перигелий и последующий процесс ее распада. Хотя она и не завершена, но уже далеко продвинулась вперед.

Мнение о том, что метеориты - это пыль распадающихся комет,

теперь должно было подвергнуться определенной проверке на точность предсказания. Комету Биелы никто не видел с момента ее повторного возвращения в 1852 году. И все же за ним тщательно наблюдали с помощью лучших телескопов; его траектория была точно известна; каждое возмущение, которому он мог подвергнуться, было скрупулезно учтено. При таких обстоятельствах его неоднократное нежелание прийти вовремя справедливо можно было бы рассматривать как прекращение видимого существования. Не могло ли, однако, оказаться возможным, что она проявилась бы в другой форме — что звездный дождь мог возникнуть из нее и ознаменовать ее исчезновение?

Необычно большое количество падающих звезд было замечено Брандесом 6 декабря 1798 года. Подобные проявления были замечены в 1830, 1838 и 1847 годах, и университет Экс-ла-Шапель показал, что точка, из которой они исходили, расположена недалеко от яркой звезды  $\gamma$  Андромеды.<sup>[1221]</sup> Теперь это именно то направление, в котором, по-видимому, лежит орбита кометы Биелы, поскольку она сокращает земной путь очень близко к месту нахождения земли в указанные выше даты. Таким образом, нетрудно было сделать вывод, что метеориты движутся по тому же пути, что и комета; к этому выводу в начале 1867 года пришли отдельно Вайс, Д'Аррест и Галле.<sup>[1222]</sup> Но Биела движется в направлении, противоположном комете Темпеля и сопровождающим ей "Леонидам"; ее движение прямое, или с запада на восток, в то время как их движение ретроградное. Следовательно, движение его узла также происходит в противоположном направлении. Другими словами, место встречи его орбиты с орбитой Земли отстает (и очень быстро) вдоль эклиптики вместо продвижения. Таким образом, если "Андромеда" находилась в предполагаемой тесной связи с кометой Биелы, можно было бы ожидать, что они будут опережать время их повторения на целых недели за полвека. Можно сказать, что все сомнения относительно этого факта были устранены наблюдением синьора Зезиоли о ежегодном ливне в большем, чем обычно, количестве в Бергамо 30 ноября 1867 года.

Следующая пропавшая комета должна была появиться в перигелии в 1872 году, и как Вайс, так и Галле рассматривали вероятность того, что она будет заменена обильным выбросом падающих звезд. Точную дату происшествия определить было нелегко, но Галле оценил шансы в пользу 28 ноября. Событие предвосхитило предсказание на двадцать четыре часа. Едва солнце село в Западной Европе 27 ноября, как стало очевидно,

что комета Биелы осыпает нас измельченными продуктами своего распада. Метеориты падали залпами из-под ног Прикованной Леди, их количество временами сбивало с толку попытки вести счет. В Монкальери, около 8 часов вечера, они представляли собой (как сказал отец Денза[1223]) "настоящий огненный дождь". Четыре наблюдателя насчитали в среднем четыреста человек за полторы минуты; и немало огненных шаров, равных Луне в диаметре, пересекло небо. Однако в целом, звезды 1872 года, хотя и были примерно столь же многочисленными, были менее яркими, чем звезды 1866 года; фосфоресцирующие следы, отмечающие их прохождение, были сравнительно тусклыми, а их движение вялым. Это легко понять, если вспомнить, что *Андромеда настигает* землю, в то время как Леониды несутся ей навстречу; скорость столкновения для первого класса тел составляет менее двенадцати, для второго - более сорока четырех миль в секунду. Зрелище, тем не менее, было великолепным. Оно последовательно демонстрировалось в различных частях света, от Бомбея и Маврикия до Нью-Брансуика и Венесуэлы, и за ним пристально и широко наблюдали. Здесь он почти закончился к полуночи.[1224]

Это сопровождалось слабым полярным сиянием, и хотя Таччини телеграфировал, что состояние солнца делает вероятным некоторое проявление полярного сияния, оно слишком часто фигурировало в качестве сопровождения звездных дождей, чтобы считать совпадение случайным. Адмирал Врангель имел обыкновение описывать, как во время преобладания полярного сияния на сибирском побережье прохождение метеора неизменно приводило к распространению яркости на ранее темные участки неба;[1225] и усиление электрических возмущений вполне может быть связано с мельканием таких космических атомов.

Теперь следует рассказать об уникальном инциденте, связанном с метеоритами 1872 года. Покойный профессор Клинкерфуз, который очень тщательно наблюдал их в Геттингене, пришел к выводу, что не только обломки, разбросанные по ее пути, но и сама комета, должно быть, находилась в непосредственной близости от земли во время их появления.[1226] Если это так, то, подумал он, возможно, удастся разглядеть его удаляющимся в диаметрально противоположном направлении от того, в котором он приближался. Соответственно, 30 ноября он телеграфировал мистеру Погсону, мадрасскому астроному: "Биела коснулась земли 27 ноября; ищите вблизи Теты Центавра" — так называемого "антирадианта", расположенного недалеко от этой звезды. Плохая погода препятствовала наблюдению в течение

тридцати шести часов, но когда утром 2 декабря дождевые облака разошлись, там была комета, как раз в указанном положении. По внешнему виду он вполне мог сойти за одного из близнецов Биела. У него не было хвоста, но было четко очерченное ядро, и он был около 45 секунд в поперечнике, таким образом, его невозможно было различить невооруженным глазом. Его снова наблюдали 3 декабря, когда был замечен короткий хвост; но небо затянуло тучами, и с тех пор его никто не видел. Соответственно, его идентичность остается под вопросом. Однако представляется сносной уверенностью, что это была *не* пропавшая комета, которая должна была пройти это место двенадцатью неделями ранее и не подвергалась никаким мыслимым возмущениям, способным задержать до такой степени ее обращение. С другой стороны, существует большая вероятность того, что он принадлежал к той же системе<sup>[1227]</sup>— что это был третий фрагмент, оторванный от родительского тела "Андромеды" в период, предшествующий нашим первым наблюдениям за ним.

За тринадцать лет комета Биелы (или ее остатки) почти дважды облетает свою орбиту, так что возобновление метеоритного дождя 1872 года ожидалось в тот же день 1885 года, вероятность чего подчеркивалась предупреждающим циркуляром от Дунехта. Астрономы, соответственно, были настороже и не были разочарованы. В Англии наблюдениям частично препятствовали облака; но на Мальте, в Палермо, Бейруте и других южных станциях картина была наиболее поразительной. Метеоры были и крупнее, и многочисленнее, чем в 1872 году. Профессор Ньютон оценил их численность в самой плотной части сугроба в 75 000 человек в час, причем их было видно с одного места такой большой группе зрителей, что практически никого нельзя было не заметить. И все же он обнаружил, что каждое из этих многочисленных маленьких тел перемещается в чистом кубическом пространстве, ширина которого составляла двадцать миль.<sup>[1228]</sup> Таким образом, ослепительный эффект светящейся толпы создавался без толчков или скученности, можно сказать, частицами, изолированными в пустоте.

Их вид был очень характерен для семейства метеоров Андромеды. "Они неизменно, - писал мистер Деннинг,<sup>[1229]</sup> "проходили короткие траектории с очень медленными движениями и исчезали в выделяющихся потоках желтоватых искр". Вывод казался очевидным, "что эти метеориты образованы из очень мягких материалов, которые расширяются при раскалении и сразу же крошатся и рассеиваются в тонкую пыль".

Метеоры Биела в 1885 году не просто порадовали астрономов сбывшимся предсказанием, но и стали средством передачи им некоторой ценной информации. Хотя их основные силы были прорваны движущейся землей за шесть часов и имели не более 100 000 миль в поперечнике, стрелки были отброшены почти на миллион миль по обе стороны от компактных центральных батальонов. Члены системы были зарегистрированы мистером Деннингом 26 ноября с почасовой оплатой около 130; и они полностью не переставали быть видимыми до 1 декабря. Кроме того, они представляли собой особенно наглядный пример того рассеяния излучения, которое ранее наблюдалось на некоторых менее заметных дисплеях. Казалось, что их траектории расходятся от определенной области, а не от точки в небе. Они так плохо фокусировались, что между наиболее достоверно определенными источниками были обнаружены расхождения в несколько градусов. Профессор Ньютон объясняет эти несоответствия неправильной формой метеороидов, создающих несимметричное сопротивление воздуха и, следовательно, заставляющих их отклоняться от своего первоначального направления при входе в него. Таким образом, их светящиеся следы не всегда отражали (даже помимо эффектов земного притяжения) истинное продолжение их пути в космосе.

"Андромеды" 1872 года отставали от кометы, из которой они произошли; "Андромеды" 1885 года были ее авангардистами. Это потраченное впустую и разрушенное тело должно было прибыть в узел только 26 января 1886 года, через шестьдесят дней, то есть после столкновения Земли с ее метеоритными осколками. Сейчас они, вероятно, разбросаны более чем на пятьсот миллионов миль его орбит;<sup>[1230]</sup> однако профессор Ньютон считает, что все они должны были образовать одну компактную группу с Биелой во время ее близкого сближения с Юпитером примерно в середине 1841 года. Ибо в противном случае и комета, и метеориты не могли бы испытывать, как это, по-видимому, произошло, возмущения одинакового рода и величины. Таким образом, любопытно проиллюстрирована скорость распада комет.

Недолговечное убеждение в том, что само пропавшее небесное тело было найдено, было создано открытием мистером Эдвином Холмсом в Лондоне 6 ноября 1892 года относительно яркой бесхвостой кометы как раз в том месте, которое, должно быть, пересекла комета Биелы, приближаясь к пересечению своей орбиты с земной. Поспешный расчет, проведенный Берберихом, присвоил пришельцу элементы, которые, по-видимому, не только подтверждают личность, но и обещают квази-встречу с землей 21

ноября. Единственным результатом предсказания, однако, было посеять панику среди негров Южных штатов Америки. Комета спокойно проигнорировала это и двинулась прочь от назначенного места встречи, а не к нему. Таким образом, его проекция в ночь обнаружения на точку орбиты Биелы была результатом простого каприза случая. Тем не менее, 23 ноября Северную Америку посетил настоящий ливень Андромеды. Хотя метеоров было меньше, чем в 1885 году, профессор Янг подсчитал, что в течение пяти часов в пределах видимости Принстона появилось по меньшей мере 30 000 их оранжевых огненных полос.<sup>[1231]</sup> Бредихин оценил ширину пространства, в котором они находятся, примерно в 2 700 000 миль.<sup>[1232]</sup> Ожидание их срока на четыре дня подразумевало — если они были продолжением основной группы Биела, ядро которой прошло место встречи пять месяцев назад — спад узла с 1885 года не менее чем на три градуса. Если, конечно, мистер Деннинг не был прав, предположив, что экспозиция происходила из "смежной ветви основного роя, через которую мы проходили в 1872 и 1885 годах".<sup>[1233]</sup> Существование отдельных отрядов метеоров Биела из-за возмущающего действия планет рассматривалось Скиапарелли как весьма вероятное.<sup>[1234]</sup> Такими могли быть запоздалые рейсы, с которыми сталкивались в 1830, 1838, 1841 и 1847 годах, и такой предварительный полет произошел в 1892 году. Ливень, который ожидался 23 ноября 1899 года, не выпал, и до 17 ноября 1905 года никаких дальнейших проявлений в этом квартале не ожидается, хотя одно из них возможно годом ранее.<sup>[1235]</sup>

Леониды, благодаря неблагоприятному влиянию Юпитера и Сатурна, вызвали у множества нетерпеливых наблюдателей еще более острое разочарование. Плотная часть роя, почти завершившая оборот с 1866 года, при нормальном движении должна была бы встретиться с землей 15 ноября 1899 года; фактически, она отклонилась в сторону солнца, и миллионы метеоритов, которые в противном случае были бы принесены в жертву освещению нашего неба, избежали огненной участи. Непредвиденные обстоятельства были предсказаны в умелых расчетах доктора Джонстона Стоуни и доктора А. М. В. Даунинга, <sup>[1236]</sup> суперинтенданта Отдела морских альманахов; но проверка едва ли компенсировала неудачу. В последующие годы ситуация также не восстановилась. Лишь рваные края великой грозовой тучи тут и там касались нашего земного шара. Как и следовало ожидать от тех же исследователей, движение метеоритов было не только извилистым из-за возмущения, но и прерывистым и нерегулярным. Мы больше не можем рассчитывать на Леониды. Их слава для сценических целей угасла. Связанная с ними комета

также ускользнула от наблюдения. Хотя она, несомненно, встретила с солнцем весной 1899 года, сопутствующие обстоятельства были слишком неблагоприятными, чтобы ее можно было увидеть с земли.[1237] Тем не менее, по почти фантастическому совпадению, 14 ноября 1898 г. была сфотографирована слабая комета,[1238] доктором Чейзом из обсерватории Йельского колледжа, недалеко от к радианату Леонида, куда был направлен "метеорограф" с целью регистрации следов, оставленных предшественниками основного тела Леонида. Многообещающее начало было положено в том же году исследованиям метеоритов с чувствительных пластин.[1239] Действительно, Шеберле и Колтон[1240] уже в 1896 году определили высоту Леонида с помощью фотографий, сделанных на станциях на разных гребнях горы Гамильтон; и профессор Пикеринг проводил аналогичную работу в Гарварде с обнадеживающими результатами. Все в этой отрасли науки зависит от того, как далеко они могут зайти. Без метеорографа жесткая точность наблюдения падающих звезд недостижима, а жесткая точность является *непременным* условием получения точных знаний.

Биела предлагает не единственный пример разрушения кометы. Оставляя в стороне недостоверные сообщения ранних летописцев, мы встречаемся с "двойной кометой", открытой Лиасом в Олинде (Бразилия) 27 февраля 1860 г., разделение которой, по-видимому, произошло недавно и вот-вот будет продолжено.[1241] Но разделение, однажды установленное, должно постоянно прогрессировать. Периоды обращения фрагментов никогда не будут одинаковыми; при каждом обороте один должен немного отставать от другого, пока, наконец, они не начнут перемещаться в отдаленных частях почти по одной и той же орбите. Таким образом, комета, предсказанная Клинкерфьюсом и открытая Погсоном, уже отстала на двенадцать недель, и в дальнейшем мы встретим примеры, когда отставание исчисляется не неделями, а годами. Здесь первоначальная идентичность возникает только из расчета и сравнения орбит.

Таким образом, кометы умирают, как давным-давно писал Кеплер, *в результате бомбардировки filo fundendo*. Эту уверенность, предвосхищенную Кирквудом в 1861 году, мы, по крайней мере, приобрели благодаря открытию их генеративной связи с метеорами. Более того, их фактические материалы становятся, в меньших или больших пропорциях, частью нашего земного шара. На самом деле, не все признают, что огромные массы, из которых, по оценке Добре,[1242] по меньшей мере 600 ежегодно падают из



космоса на землю, когда-либо составляли часть тел, известных нам как кометы. Некоторые вслед за Чермаком приписывают аэролитам происхождение, совершенно отличное от происхождения периодических падающих звезд. То, что нельзя провести четкую демаркационную линию, не является веской причиной для утверждения, что никакого реального различия не существует; и, безусловно, примечательно, что метеоритный обстрел может продолжаться часами, и ни один крупный снаряд не достигнет цели. Могло бы показаться, что небесная армия была снабжена холостыми патронами. Тем не менее, поскольку было обнаружено, что несколько взрывающихся метеоров происходят от установленных радиантов падающих звезд, трудно предположить, что их разделяет какое-либо общее различие.

К их усвоению дополнительно подталкивают — хотя и не с какой—либо демонстративной силой - два случая, единственные два из известных, ощутимого падения аэролита во время прохождения звездного дождя. 4 апреля 1095 года "Саксонская хроника" сообщает нам, что звезды падали "так густо, что никто не мог их сосчитать", и добавляет, что одна из них упала на землю во Франции, и случайный прохожий "облил ее водой, которая поднялась паром с громким шумом кипения".[1243] И снова, 27 ноября 1885 года, когда окраины Андромеды-бури проносились над Мексикой, "огненный шар" упал с неба в Мазапиле, в пределах видимости владельца ранчо.[1244] Научная экспертиза доказала, что это "сидерит", или масса "железоникиеля"; его вес превышал восемь фунтов, и он содержал множество конкреций графита. Однако обстоятельства его прибытия не позволяют нам рассматривать фрагмент космического металла Мазапил как образец, оторванный от кометы Биелы. В этом, как и в предыдущем случае, совпадение падения с ливнем могло быть чисто случайным, поскольку нет никаких намеков на какое-либо соответствие между следами, оставленными образцом, предоставленным для любопытного изучения, и роем метеоров, поглощенных в верхних слоях воздуха.

Исследования профессора Ньютона о следах, оставленных метеоритами до их столкновения с землей, позволяют отличить их, по крайней мере конкретно, от падающих звезд. Он обнаружил, что почти все они двигались прямым ходом по орбитам, перигелий которых лежал во внешней половине пространства, отделяющего землю от Солнца.[1245] Падающие звезды, напротив, полностью освобождены от таких ограничений. Профессор Йельского университета пришел к выводу, "что более крупные метеориты, движущиеся в нашей солнечной системе,



гораздо теснее связаны с группой комет с коротким периодом, чем с кометами, орбиты которых почти параболические". Таким образом, они, по-видимому, чувствуют себя более как дома, чем можно было бы ожидать в планетарной семье. Отец Карбонель, более того, показал[1246] что метеориты, если они являются продуктами взрыва земли или Луны, должны, за редкими исключениями, следовать именно по тем траекториям, которые им назначил на основании данных наблюдений профессор Ньютон. И все же совершенно невероятно, чтобы снаряды земных вулканов в какую-либо геологическую эпоху получали импульсы, достаточно мощные, чтобы позволить им не только преодолеть земное притяжение, но и проникнуть в ее атмосферу.

С другой стороны, поразительная — фактически, почти ошеломляющая — особенность отличает класс метеоров, идентифицированных мистером Деннингом в течение десяти лет терпеливого наблюдения за подобными явлениями в Бристоле. [1247] Они описаны как "метеоры со стационарным излучением", поскольку в течение нескольких месяцев они, по-видимому, исходят из одних и тех же неподвижных точек на небе. Теперь это подразумевает довольно внушительную скорость. На направление метеорных лучей влияет своего рода *абберация*, аналогичная абберации света. Это является результатом сочетания земной поверхности с метеорным движением. Следовательно, если только положение Земли на ее орбите не является по сравнению с этим незначительным, линия визуального контакта должна смещаться, если не заметно из дня в день, то, во всяком случае, заметно из месяца в месяц. Таким образом, неподвижность многих систем, наблюдаемых мистером Деннингом, по-видимому, требует признания того, что их члены движутся так быстро, что полностью исключают движение земли. Требуемая скорость, по расчетам мистера Рэнъярда, должна была составлять не менее 880 миль в секунду.[1248] Но внешний вид метеоров не оправдывает такого экстравагантного предположения. Их кажущаяся быстрота очень различна, и — что весьма важно — она заметно меньше, когда они преследуют, чем когда они встречаются с землей. И все же "невероятная и необъяснимая"[1249] факт существования этих "длинных излучений", хотя и подвергался сомнению Тиссераном[1250] из-за ее теоретической рефрактерности, по-видимому, следует признать. Первое правдоподобное объяснение им было предложено профессором Тернером в 1899 году.[1251] Они представляют, по его мнению, совокупный эффект притяжения Земли. Обоснованность его рассуждений, однако, опровергается М. Бредихиным,[1252] который предпочитает рассматривать их

как скопление отдельных потоков. Загадка, которую они представляют, очевидно, еще не получила своего окончательного решения.

Персеиды, напротив, представляют собой замечательный пример "смещающегося радианта". Наблюдения м-ра Деннинга за этими желтоватыми, неторопливыми метеорами продолжаются почти шесть недель, с 8 июля по 16 августа; точка излучения тем временем продвигается не менее чем на  $57^\circ$  по прямому восхождению. Поэтому сомнения относительно их общего происхождения были свободно выражены, особенно мистером Монком из Дублина.<sup>[1253]</sup> Но покойный доктор Кляйбер<sup>[1254]</sup> с помощью строгих геометрических рассуждений показал, что все сорок девять излучений, последовательно определенных для ливня, фактически находились в пределах одна узко ограниченная область пространства. Другими словами, применение надлежащей поправки на движение земли и эффекты притяжения, благодаря которым каждая отдельная падающая звезда вынуждена описывать гиперболу вокруг центра Земли, сводит протяженную линию излучений к компактной группе, центральной точкой которой является кометное излучение; кометным излучением является точка на небе, пересекающаяся касательной к орбите кометы Персеиды 1862 года на ее пересечении с орбитой Земли. Реальность связи между кометой и метеорами едва ли могла быть доказана более ясно; в то время как огромные размеры потока, в который, как обнаружено, попадают последние, не могут не вызывать удивления, не без примеси недоумения.

Первое успешное применение спектроскопа к кометам было сделано Донати в 1864 году.<sup>[1255]</sup> Комета, открытая Темпелем 4 июля, становилась ярче, пока не стала похожа на звезду несколько ниже второй звездной величины со слабым хвостом длиной  $30^\circ$ . Это было примечательно тем, что 7 августа почти полностью затмило маленькую звезду — очень редкое явление.<sup>[1256]</sup> 5 августа Донати пропустил свет через свою цепочку призм и обнаружил, что он, проанализированный таким образом, состоит из трех ярких полос — желтой, зеленой и синей, разделенных более широкими темными интервалами. Это подразумевало многое. Ранее считалось, что кометы, как мы видели, светятся в основном, если не полностью, отраженным солнечным светом. Теперь они воспринимались как самосветящиеся и образованные в значительной степени из светящегося газа. Следующим шагом было определить, что это был за вид газа, который таким образом светился в них; и это было сделано сэром Уильямом Хаггинсом в 1868 году.<sup>[1257]</sup>

Объектом его эксперимента была комета меньшей яркости, известная как комета 1868 ii, или иногда как комета Виннеке. Сравнив его спектр с спектром "вакуумной трубки" из олефинового газа, излучающей свет с помощью электричества, он нашел точное соответствие. С тех пор это было полностью подтверждено. Все восемнадцать комет, протестированных световым анализом между 1868 и 1880 годами, показали типичный гидроуглеродный спектр[1258], общий для всей группы этих соединений, но, вероятно, непосредственно из-за присутствия ацетилена. Некоторые незначительные отклонения от лабораторной картины в смещении максимумов света от края к середине желтой и синей полос были экспериментально воспроизведены Фогелем и Хассельбергом в пробирках, содержащих смесь оксида углерода с олефиновым газом.[1259] Однако их освещение разрушительными электрическими разрядами было *непременным* условием для проявления спектра кометного типа. Когда постоянный ток был

ТАБЛИЧКА II.



Великая комета.

Сфотографирован 5 мая 1901 года тринадцатидюймовым астрографическим рефрактором Королевской обсерватории на мысе Доброй Надежды.

использованные полосы оксида углерода заявили о себе, за исключением углеводородов. Это различие имеет большое значение с точки зрения природы комет. Особый интерес в этой связи представляет то обстоятельство, что оксид углерода является одним из газов, выделяемых метеоритными камнями и железом под воздействием высокой температуры.<sup>[1260]</sup> Поскольку он, по-видимому, должен был составлять часть воздушной массы, в которую они были погружены на более

раннем этапе своей истории.

У нескольких исключительных комет отсутствовали обычные углеродные полосы. Две такие были обнаружены сэром Уильямом Хаггинсом в 1866 и 1867 годах соответственно.<sup>[1261]</sup> В каждом из них зеленый луч, приближающийся по положению к основной линии туманности, пересекал в остальном непрерывный спектр. А комета Холмса 1892 года имела лишь слабую призматическую полосу, лишенную каких-либо характерных черт.<sup>[1262]</sup> Теперь эти три тела вполне можно отнести к частично исчезнувшим; но блестящая комета, видимая в южных широтах в апреле и мае 1901 года, настолько походила на них по качеству своего света, что давала спектр в основном, если не полностью, непрерывный. Соответственно, это не является симптомом распада.

Самой ранней кометой первоклассного блеска, представшей для спектроскопического исследования, была комета, открытая Когджиа в Марселе 17 апреля 1874 года. Невидимая невооруженным глазом до июня, она вспыхнула в июле великолепным украшением нашего северного неба, с едва заметным изогнутым хвостом, достигающим более половины пути от горизонта до зенита, и ядром, превосходящим по яркости самые яркие звезды в созвездии Лебедя. Бредихин, Фогель и Хаггинс<sup>[1263]</sup> были единодушны в том, что его спектр соответствует спектру болотного или олефинового газа. Отец Секки, находясь под ясным небом Рима, смог приблизить идентификацию еще ближе, чем это делалось до сих пор. *Полный водородно-углеродный спектр состоит из пяти зон света различной окраски. Только три из них — три центральных — до тех пор были получены из комет; предполагалось, что из-за того, что их температура была недостаточно высока для образования остальных. Однако было обнаружено, что свет кометы Когджи содержит все пять: следы фиолетовой полосы, появившейся 4 июня, и красной - 2 июля.*<sup>[1264]</sup> Предположительно, все пять были бы универсально видны в спектрах комет, если бы рассеянные лучи были достаточно сильными, чтобы их можно было увидеть.

Таким образом, газообразная среда комет в значительной степени состоит из соединения водорода с углеродом. Также присутствуют другие материалы; но элемент гидроуглерод, вероятно, неизменен и преобладает. Его яркость, без сомнения, является результатом электрического возбуждения. Зеллер показал в 1872 г.<sup>[1265]</sup> что из-за испарения и других изменений, вызванных быстрым приближением к солнцу, в кометах должны происходить электрические процессы значительной интенсивности; и что их

первоначальный свет непосредственно связан с ними и зависит от солнечного излучения, скорее из-за его прямых или косвенных электризирующих эффектов, чем из-за его более очевидной тепловой мощности, можно считать истиной, навсегда усвоенной наукой.[1266] Таким образом, кажется, что они не являются телами, раскаляющимися за счет тепла, а светятся электричеством; и это совместимо, при определенных обстоятельствах, с относительно низкой температурой.

Газовый спектр комет сопровождается, в той или иной степени, непрерывным спектром. Обычно он в наибольшей степени определяется ядром, но распространяется, в большей или меньшей степени, на туманные придатки. Частично это, безусловно, связано с отраженным солнечным светом; частично, скорее всего, с воспламенением мельчайших твердых частиц.

## СНОСКИ:

[1188] *Месяц. Не.*, том хіх., стр. 27.

[1189] *Память об АК. Имп.*, т. іі., 1859, с. 46.

[1190] *Гарвардские анналы*, том ііі., стр. 368.

[1191] *Там же.*, стр. 371.

[1192] *Месяц. Не т.*, том. ххіі., стр. 306.

[1193] Стотхард в *там же.*, том ххі., стр. 243.

[1194] *Интелл. Наблюдатель*, том і, стр. 65.

[1195] *Comptes Rendus*, т. lxi., стр. 953.

[1196] *Смиты. Отчет*, 1881 (Холден); *Природа*, том ххv., стр. 94; *Обсерватория*, том ххі., стр. 378 (У. Т. Линн).

[1197] *Ueber den Ursprung der von Pallas gefundenen Eisenmassen*, р. 24.

[1198] Араго, *Ежегодник*, 1836, стр. 294.

[1199] Гумбольдт заметил излучение падающих звезд в 1799 году из одной точки, или "радианта", как впоследствии назвал это Грег Лонг; но на этом наблюдении не было основано никаких рассуждений.

- [1200] *Ат. Журнал. из Sc.*, том. xxvi., стр. 132.
- [1201] *Ежегодник*, 1836, стр. 297.
- [1202] *Ann. de l'Observ.*, Брюссель, 1839, стр. 248.
- [1203] *Там же.*, 1837, стр. 272.
- [1204] *Astr. Nach.*, Nos. 385, 390.
- [1205] *Ат. Журнал Sc.*, том. xxxviii. (2-я серия), стр. 377.
- [1206] *Там же.*, том. xxxviii., стр. 61.
- [1207] *Месяц. Не т.*, том. xxvii., стр. 247.
- [1208] *Ат. Журнал Sc.*, том. xliii. (2-я сер.), стр. 87.
- [1209] Грант, *месяц. Не т.*, том. xxvii., стр. 29.
- [1210] П. Смит, *Там же.*, стр. 256.
- [1211] Hind, *Там же.*, стр. 49.
- [1212] Воспроизведено в журнале "*Les Mondes*", т. xiii.
- [1213] *Comptes Rendus*, т. lxiv., стр. 96.
- [1214] *Astr. Nach.*, No. 1,626.
- [1215] *Там же.*, № 1,632.
- [1216] *Месяц. Не т.*, том. xxxviii., стр. 369.
- [1217] Скиапарелли, "*Стелла Каденти*", стр. 54.
- [1218] *Ueber Feuer-Meteore*, стр. 406.
- [1219] *Astr. Nach.*, No. 347 (Mädler); see also Boguslawski, *Die Kometen*, p. 98. 1857.
- [1220] *Природа*, том vi., стр. 148.
- [1221] А. С. Гершель, *месяц. Не т.*, том. xxxii., стр. 355.
- [1222] *Astr. Nach.*, Nos. 1,632, 1,633, 1,635.
- [1223] *Природа*, том vii., стр. 122.
- [1224] А. С. Гершель, *Отчет британца. Асс.*, 1873, с. 390.
- [1225] Гумбольдт, *Космос*, том i, стр. 114 (пер. Отте).

[1226] *Месяц. Не.*, том. xxxiii., стр. 128.

[1227] Даже это было опровергнуто Брунсом, *Astr. Nach.*, No. 2,054.

[1228] *Am. Jour.*, vol. xxxi., стр. 425.

[1229] *Месяц. Не.*, том. xlv., стр. 69.

[1230] По мнению Скиапарелли, должны были пройти столетия, пока производилась наблюдаемая величина рассеяния. *Le Stelle Cadenti*, 1886, p. 112.

[1231] *Astr. and Astrophy.*, том xi., стр. 943.

[1232] *Бык. академия. Санкт-Петербург*, т. xxxv., стр. 598. 1894.

[1233] *Обсерватория*, том xvi., стр. 55.

[1234] *Стелла Каденти*, стр. 133; *Rendiconti dell' Instituto Lombardo*, т. iii., сер. ii., стр. 23.

[1235] Деннинг, *Мемуары Роя. Astr. Soc.*, том. liii., стр. 214; Абельман, *Astr. Nach.*, No. 3,516.

[1236] *Обработка. Соч.*, 2 марта 1899 г.; *Природа*, 9 ноября 1899 г.

[1237] Берберих, *Астр. Nach.*, No. 3,526.

[1238] Элькин, *Астроф. Jour.*, vol. ix., p. 22.

[1239] Элькин, *Астроф. Jour.*, vol. x., p. 24.

[1240] *Всплывающее окно. Astr.*, сентябрь 1897 г., стр. 232.

[1241] *Месяц. Не.*, том xx., стр. 336.

[1242] *Revue des deux Mondes*, 15 декабря 1885 г., стр. 889.

[1243] Пэлгрейв, *Фил. Пер.*, том. sxxv., стр. 175.

[1244] W. E. Hidden, *Журнал Century*, том. xxxiv., с. 534.

[1245] *Амер. Журнал науки*, том. xxxvi., стр. i., 1888.

[1246] *Revue des Questions Scientifiques*, январь 1899 г., стр. 194; Тиссеран, *Булл. Астр.*, т. viii., с. 460.

[1247] *Месяц. Не.*, том xlv., стр. 93.



- [1248] *Обсерватория*, том. viii., стр. 4.
- [1249] *День, месяц. Не.*, том. xxxviii., стр. 114.
- [1250] *Comptes Rendus*, t. cix., стр. 344.
- [1251] *Месяц. Не.*, том lix., стр. 140.
- [1252] *Бычий текст. академия. Санкт-Петербург.*, т. xii., с. 95.
- [1253] *Опубл. Astr. Рас. Soc.*, том iii., стр. 114.
- [1254] *Месяц. Не.*, том ii., стр. 341.
- [1255] *Astr. Nach.*, No. 1,488.
- [1256] *Ежегодник*, Париж, 1883, стр. 185.
- [1257] *Фил. Пер.*, том. clviii., стр. 556.
- [1258] Хассельберг, *Память об АК. Imp. de St. Pétersbourg*, t. xxviii. (7-я сер.), № 2, с. 66.
- [1259] Шайнер, *Спектральный анализ поведения*, стр. 234. Кайзер (*Astr. и Astrophys.*, vol. xiii., стр. 368) относит аномалии углеродного спектра комет полностью к инструментальным источникам.
- [1260] Дьюар, *Протокол. Инст.*, том xi., стр. 541.
- [1261] *Протокол R. Soc.*, том xv., стр. 5; *Месяц. Не т.*, том. xxvii., стр. 288.
- [1262] Килер, *Астрофизика*, том xi., стр. 929; Фогель, *Астрофизика. Nach.*, No. 3,142.
- [1263] *Процедура. Соч.*, том. xxiii., стр. 154.
- [1264] Хассельберг, *документ. цит. по*, стр. 58.
- [1265] *Ueber die Natur der Cometen*, p. 112.
- [1266] Хассельберг, *цит. по.*, стр. 38.

# ГЛАВА XI

## НЕДАВНИЕ КОМЕТЫ (продолжение)

В тайну хвостов комет до некоторой степени проникли; по крайней мере, настолько, что, сделав определенные допущения, настоятельно рекомендуемые фактами данного случая, их форму можно с очень приблизительной точностью рассчитать заранее. Таким образом, у нас есть уверенность, что эти необычные придатки состоят не из эфирного или сверхчувственного вещества, а из материи, такой, какой мы ее знаем, и подчиняющейся обычным законам движения, хотя и находящейся в состоянии крайней разреженности.

Ольберс, как уже говорилось, выдвинул в 1812 году точку зрения о том, что хвосты комет состоят из частиц, подверженных силе электрического отталкивания, исходящей от солнца. Он был разработан и подкреплён обсуждением Бесселем внешнего вида кометы Галлея в 1835 году. Более того, он вывел формулу для вычисления движения частицы под воздействием силы отталкивания любой заданной интенсивности и таким образом заложил прочный фундамент математической теории кометных излучений. Профессор У. А. Нортон из Йельского колледжа значительно улучшил это, проведя исследования, начатые в 1844 году и возобновленные появлением кометы Донати; и доктор К. Ф. Пейп из Альтоны<sup>[1267]</sup> привел числовые значения импульсов, исходящих от солнца, которые, должно быть, привели в действие материалы соответственно изогнутого и прямого хвостов, украшающих один и тот же красивый и удивительный объект. .

The *Физическая* теория отталкивания, однако, можно сказать, все еще витала в воздухе. И она даже не начала приобретать последовательности, пока Зеллнер не взял ее в руки в 1871 году. <sup>[1268]</sup> Совершенно точно установлено, что энергия толчка или притяжения, производимая электричеством, зависит (при прочих равных условиях) от *поверхности* тела, на которое воздействуют; энергия тяжести - от его *массы*. Следовательно, эффективность солнечного электрического отталкивания относительно солнечного гравитационного притяжения возрастает по мере уменьшения размера частицы. Сделайте это достаточно малым, и оно практически перестанет тяготеть и будет безоговорочно подчиняться импульсу к рецессии.

Этот принцип Зеллнер первым реализовал в применении к кометам. Он дает ключ к их строению. Допуская, что солнце и они

сами наэлектризованы подобным образом, их более существенно агрегированные части все равно будут подчиняться требованиям его гравитации, в то время как тонкоизмельченные частицы, вылетающие из них, просто по причине своей мельчайшести попадут под влияние его отталкивающей электрической энергии. Другими словами, они будут образовывать "хвосты". Также не требуется никаких экстравагантных предположений относительно интенсивности электрического заряда, участвующего в создании этих эффектов. Зеллнер, фактически, показал[1269], что она не обязательно должна быть выше, чем та, которую лучшие авторитетные источники приписывают земной поверхности.

Прошло сорок лет с тех пор, как М. Бредихин, последовательно директор Московской и Пулковской обсерваторий, обратил свое внимание на эти любопытные явления. Однако его настойчивые расспросы на эту тему относятся к появлению кометы Когджи в 1874 году. При вычислении величины силы отталкивания, действующей при формировании ее хвоста, и сравнении ее со значениями той же силы, полученными им в 1862 году для некоторых других заметных комет, ему пришло в голову, что числа, представляющие их, делятся на три четко определенных класса. "Я подозреваю, - писал он в 1877 году, - что кометы делятся на группы, для каждой из которых сила отталкивания, возможно, одинакова".[1270] Эта идея была подтверждена при более тщательном исследовании. В 1882 году были теоретически реконструированы придатки тридцати шести хорошо наблюдаемых комет, без единого исключения из правила трех типов. Дальнейшее изучение сорока комет привело в 1885 году лишь к модификации ранее полученных численных результатов.

В первом из них энергия отталкивания солнца в четырнадцать раз сильнее энергии его притяжения;[1271] частицы, образующие чрезвычайно длинные прямые лучи, исходящие наружу от комет этого типа, покидают ядро со средней скоростью всего семь километров в секунду, которая, постоянно ускоряясь, за несколько дней доводит их до предела видимости. Великие кометы 1811, 1843 и 1861 годов, комета 1744 года (в том, что касается ее главного хвоста) и комета Галлея в ее различных проявлениях принадлежали к этому классу. Менее узкие пределы были установлены для значений силы отталкивания, используемой для создания второго типа. Для оси хвоста она превышает на одну десятую ( $= 1.1$ ) силу притяжения солнца; для переднего края она более чем в два раза ( $2.2$ ), для заднего - лишь наполовину. Соответствующая начальная скорость (для оси) составляет 1500 метров в секунду, и результирующий придаток в виде

ятаганообразного или перистого хвоста, такого как кометы Донати и Когджи, является великолепным примером. Хвосты третьего типа построены с силами отталкивания от солнца, составляющими от одной десятой до трех десятых силы тяжести солнца, что приводит к ускоренному движению разреженной материи из ядра, начинающемуся с неторопливой скорости от 300 до 600 метров в секунду. Это короткие, сильно изогнутые, кистообразные эманации, и у ярких комет они, по-видимому, встречаются только в сочетании с хвостами высших классов. Действительно, множественные хвосты, то есть хвосты разных типов, испускаемые одновременно одной кометой, по мере развития опыта и приближения наблюдений воспринимаются скорее как правило, чем как исключение.<sup>[1272]</sup>

Теперь, в чем смысл этих трех типов? Возможен ли какой-либо перевод их в физический факт? На этот вопрос Бредихин дал в 1879 году правдоподобный ответ.<sup>[1273]</sup> Уже существовало текущее предположение, что множественные хвосты состоят из разных видов материи, на которые по-разному воздействует солнце. И Ольберс, и Бессель предложили это объяснение прямых и изогнутых излучений кометы 1807 года; Нортон применил его к слабым световым следам, исходящим от кометы Донати;<sup>[1274]</sup> Виннеке к различным отклонениям ее более яркого оперения. Бредихин определил и подтвердил гипотезу. Он взялся определить (пока что временно) несколько видов материи, относящихся по отдельности к трем классам хвостов. Он обнаружил, что это водород для первого, углеводороды для второго и железо для третьего. Основанием для такого распределения является то, что атомные веса этих веществ находятся друг к другу в той же обратной пропорции, что и силы отталкивания, используемые для образования придатков, которые они, как предполагается, образуют; и Зеллнер указал в 1875 году, что "гелиофугальная" сила, с помощью которой развиваются хвосты комет, на самом деле будет эффективна именно в этом соотношении.<sup>[1275]</sup> Водород, как самый легкий из известных элементов, то есть наименее подверженный влиянию силы тяжести, был естественным образом выбран как тот, который наиболее легко поддается противодействию электричества. С помощью спектроскопа было показано, что углеводороды присутствуют в кометах и по своему удельному весу, по сравнению с водородом, могут образовывать хвосты второго типа; в то время как атомы железа были достаточно тяжелыми, чтобы составлять атомы третьего типа, и, исходя из их обилия в метеоритах, можно предположить, что они в немалой пропорции входят в массу комет. Однако эти три вещества ни в коем случае

не должны были быть единственными составляющими рассматриваемых придатков. Напротив, большая широта того, что в настоящее время считалось характерными "железными" хвостами, была приписана присутствию многих видов материи с высоким и немного отличающимся удельным весом;<sup>[1276]</sup> в то время как расширенный шлейф Донати, как было показано, на самом деле представляет собой целую систему хвостов, состоящих из множества веществ, каждое из которых распространяется в отдельную впадину конус, более или менее отклоняющийся от других и частично накладывающийся на них.

Однако эти удачные объяснения не должны заставлять нас забывать, что химический состав, приписываемый первому типу кометных цепочек, до сих пор не получил одобрения спектроскопа. Линии излучения свободного раскаленного водорода никогда не были получены ни из одной части этих тел. Соответственно, были высказаны особые мнения относительно причины их структурных особенностей. Раньярд,<sup>[1277]</sup> Зенкер и другие выступали за эффект теплового отталкивания при их производстве; Киаер несколько туманно объясняет их выделением газов при столкновении частиц;<sup>[1278]</sup> Герц из Вены приходит к выводу, что хвосты - это всего лишь иллюзорные придатки, создаваемые электрическими разрядами через разреженную среду, которая, как предполагается, заполняет пространство.<sup>[1279]</sup> Но его вторая<sup>[1280]</sup> убедительно показала, что ни один такой носитель не мог существовать, не принося немедленного разрушения нашей "дейдальской земле" и ее вращающимся спутникам.

В целом современные исследования склонны считать излишним химическое разнообразие, постулируемое Бредихиным. Одно только электричество, по-видимому, способно производить те разновидности кометных излучений, для учета которых оно было разработано. Различие типов основывается на прочной основе фактов, но, вероятно, зависит скорее от различий в способе действия, чем от вида вещества, на которое воздействуют. Наводящие на размышления наброски электрических теорий и теорий "светового давления" комет были опубликованы соответственно мистером Фессенденом из Аллегани,<sup>[1281]</sup> и М. Аррениусом из Стокгольма.<sup>[1282]</sup> Хотя они, очевидно, носят предварительный характер, они представляют большой интерес.

Гипотеза Бредихина была быстро и обильно проиллюстрирована. В течение трех лет после его опубликования появились пять ярких комет, каждая из которых представляла какую-то отличительную

особенность, благодаря которой познание этих любопытных объектов существенно продвинулось вперед. Первую из них запомнили как "Великую южную комету". Она никогда не была видна в этих широтах, но совершила короткое, хотя и величественное путешествие по южному небосводу. Его самое раннее обнаружение было в Кордове в последний вечер января 1880 года; и его видели 1 февраля в виде светящейся полосы, протянувшейся сразу после захода солнца от юго-западного горизонта к полюсу в Новом Южном Уэльсе, у Монте-Видео и мыса Доброй Надежды. Голова была скрыта в солнечных лучах до 4 февраля, когда доктор Гулд, в то время директор Национальной обсерватории Аргентинской Республики в Кордове, мельком увидел ее очень низко на западе; а на следующий вечер мистер Эдди в Грэхемс-Тауне обнаружил слабое ядро соломенного оттенка, размером примерно с кольцевую туманность в Лире. Однако его уплотнение было очень несовершенным, и все видение имело чрезвычайно тонкую текстуру. Хвост был невероятно длинным. 5 февраля оно расширилось — несмотря на значительное сокращение перспективы — на дугу в  $50^\circ$ ; но его яркость нигде не превышала яркость Млечного Пути в Тельце. Заметна была небольшая кривизна; края придатка шли параллельно, образуя туманную дорогу от звезды к звезде; и сравнение с полярным сиянием было уместно. Вид знаменитой кометы 1843 года был насильственно вызван в памяти г-на Яниша, губернатора острова Святой Елены; и сходство оказалось не просто поверхностным. Но комета 1880 года была менее яркой и даже более мимолетной. Всего через восемь дней видимость ослабла настолько, что перестала бросаться в глаза, хотя ее все еще можно было обнаружить невооруженным глазом; а 20 февраля она была невидима, поскольку экваториальная звезда большой Кордовы указывала на ее известное место.

Но самым удивительным обстоятельством, связанным с этим органом, является идентичность его пути с путем его предшественника в 1843 году. Это неоспоримо. Доктор Гулд,<sup>[1283]</sup> Мистер Хинд и доктор Коупленд,<sup>[1284]</sup> каждый вычислил отдельный набор элементов из первых грубых наблюдений, и каждый из них был поражен совпадением двух орбит, настолько близким, что делало их практически неразличимыми. "Возможно ли, - писал мистер Хинд сэру Джорджу Эйри, - что в системе есть такая комета, которая почти касается поверхности Солнца в перигелии и совершает оборот менее чем за тридцать семь лет?" Признаюсь, мне трудно это признать, несмотря на вышеупомянутое необычайное сходство орбит".<sup>[1285]</sup>

Трудности мистера Хинда разделяли и другие астрономы. Действительно, было бы нарушением здравого смысла предполагать, что небесный гость столь поразительной внешности на протяжении веков был незамеченным посетителем нашего неба. Соответственно, для устранения аномалии были применены различные способы. Наиболее многообещающим на первый взгляд было использование сопротивляющейся среды. Трудно было поверить, что тело, в основном состоящее из паров, пролетевшее мимо солнца на расстоянии менее ста тысяч миль от его поверхности, избежало мощного торможения. Должно быть, он прошел через самую середину короны. Вполне возможно, что он действительно столкнулся с протуберанцем. Побег из такой близости действительно вполне мог быть заранее признан невозможным. Даже если не допускать никакого другого рода противодействия, кроме того, которое, как сомнительно предполагается, повлияло на комету Энке, результат в сокращении периода должен быть наиболее заметным. Оппольцером было доказано[1286], что если бы комета 1843 года вошла в нашу систему из звездного пространства с параболической скоростью, то она под действием среды, подобной постулируемой Энке (изменяющейся по плотности обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца), была бы приведена своим первым прохождением перигелия к эллиптическому движению за период двадцать четыре года, с таким быстрым уменьшением, что его следующее возвращение произойдет примерно через десять. Но те ограниченные наблюдения, которые были доступны в обоих случаях его видимости, не давали никаких признаков столь быстрого продвижения к поглощению.

Другую форму этой теории отстаивал Клинкерфьюс.[1287] Он предположил, что в исторической памяти были засвидетельствованы четыре возвращения одного и того же тела — первое в 371 году до н.э., следующее в 1668 году, помимо тех, что были в 1843 и 1880 годах; первоначальный период в 2039 лет последовательно сокращался за счет снижения при каждом прохождении перигелия на  $1/1320$  скорости, полученной при падении с дальнего конца его орбиты по направлению к солнцу, на 175 и 37 лет. Продолжение этого процесса привело бы к тому, что комета 1880 года вернулась бы в 1897 год.

К сожалению, самое раннее из этих видений нельзя отождествить с недавними, если только не прибегнуть к насилию над простым значением слов Аристотеля при его описании. Он утверждает, что комету впервые увидели "во время морозов и при ясном зимнем



небе", когда она заходила на запад почти одновременно с солнцем.<sup>[1288]</sup> Это подразумевает некоторую значительную северную широту. Но наблюдаемые в последнее время объекты практически *не имели* северной широты. Они прошли весь свой курс *над* эклипкой за два часа с четвертью, в течение которых их отделяло едва ли расстояние в ширину ладони (можно сказать) от поверхности солнца. Для целей желаемого усвоения комета Аристотеля должна была появиться в марте. Однако маловероятно, что даже уроженец Фракии мог назвать март "зимой".

С кометой 1668 года дело казалось более сомнительным. Обстоятельства его появления с трудом согласуются с приписываемой ему личностью, хотя известны слишком смутно, чтобы сделать так или иначе достижимой определенность. Однако можно было бы ожидать, что недавние наблюдения, по крайней мере, разрешат вопросы о том, могла ли комета 1843 года вернуться менее чем через тридцать семь лет и следует ли искать комету 1880 года по истечении 17-1/2 лет. Но правда в том, что оба этих объекта наблюдались по настолько малой дуге — 8° и 3° соответственно, — что их периоды оставались практически неопределенными. Ибо, хотя форма и положение их орбит могли быть установлены и были установлены с очень близкой точностью, длина этих орбит могла сильно варьироваться без какой-либо ощутимой разницы в небольшой части кривых, прослеживаемых вблизи Солнца. Доктор Вильгельм Мейер, однако, путем подробного обсуждения пришел к выводу, что для кометы 1880 года период в тридцать семь лет,<sup>[1289]</sup> в то время как наблюдения 1843 года, по общему признанию, лучше всего соответствовали эллипсу Хаббарда в 533 года; но доктор Мейер предположил, что на них повлиял какой-то постоянный источник ошибок, например, ошибочная оценка положения центра тяжести кометы. В конце концов, он пришел к выводу, что, несмотря на отсутствие предыдущих появлений, две кометы представляли собой единственного постоянного обитателя нашей системы, возвращающегося раз в тридцать семь лет по орбите такого крайнего эксцентриситета, что ее движение можно было бы описать как движение осадков к Солнцу и быстрое удаление от него, а не как спокойное обращение вокруг него.

The *Геометрический* критерий идентичности до сих пор был единственным, который можно было применить к кометам, и в рассматриваемом нами случае можно с полным основанием



сказать, что он потерпел неудачу. Тогда мы можем, предварительно и с большими колебаниями, попробовать *физический* тест, хотя, собственно говоря, он еще едва доступен. Мы видели, что кометы 1843 и 1880 годов были поразительно похожи по общему виду, хотя отсутствие сформированного ядра у последней и ее меньший блеск уменьшали убедительный эффект сходства. Это не подтвердилось и при попытке точных методов исследования. М. Бредихин обнаружил, что гигантский луч, испущенный в 1843 году, принадлежал к его типу № 1; луч 1880 года - к типу № 2.<sup>[1290]</sup> Частицы, образующие одну, приводились в действие силой отталкивания, в десять раз большей, чем частицы, образующие другую. Верно, что второй заметно изогнутый хвост был замечен в Чили 1 марта и в Мадрасе 11 марта 1843 года; и, соответственно, была выдвинута гипотеза, что материалы, составляющие в этом случае главный придаток, истощились, материалы, составляющие вторичный придаток, остались преобладающими и вновь появились только в составе "гидроуглерода" 1880 года. Но единственный известный приведенный пример противоречит такому предположению. Комета Галлея, единственная *великая* комета, возвращения которой были надежно подтверждены и тщательно наблюдались, сохранила свой "тип" неизменным на протяжении многих последовательных оборотов. Дилемма, поставленная перед астрономами Большой Южной кометой 1880 года, неожиданно возобновилась в следующем году.

22 мая 1881 года мистер Джон Теббатт из Виндзора, Новый Южный Уэльс, осматривая небо на западе, заметил туманный объект, который, как он был уверен, был странным. Морской телескоп сразу же разобрал его на две маленькие звезды и комету, последняя из которых быстро привлекла пристальное внимание астрономов; ибо доктор Гулд, вычислив ее орбиту на основе своих первых наблюдений в Кордове, обнаружил, что она настолько хорошо согласуется с орбитой, полученной Бесселем для кометы 1807 года, что он телеграфировал в Европу 1 июня, объявив о неожиданном возвращении этого тела. Насколько неожиданное, что теоретически это было невозможно до 3346 года; и исследование Бесселя было тем, которое внушало и в высшей степени заслуживало доверия. Таким образом, здесь снова пришлось сделать непростой выбор между преждевременным и необъяснимым повторным появлением и допущением множества комет, движущихся почти по одному и тому же пути. Но в данном случае факты оказались решающими.

Комета Теббатта прошла мимо солнца 16 июня на расстоянии

шестидесяти восьми миллионов миль и стала видна в Европе шесть дней спустя. Это был, по мнению некоторых, самый прекрасный предмет подобного рода с 1861 года. Пересекая созвездие Возничего во время своего *дебу́та* в этих широтах, он затмил Capella. 24 июня и несколькими последующими ночами оно не уступало по яркости ни одной звезде на небесах. В телескоп были воспроизведены "две переплетающиеся дуги света", которые украшали голову кометы Когджи; в то время как любопытный *спинной хребет* сильного освещения образовывал ось хвоста, который простирался в ясном небе по дуге в  $20^\circ$ . Он принадлежал к тому же "типу", что и огромный шлейф Донати; частицы, составляющие его, были отброшены *от* солнца силой, вдвое более мощной, чем та, которая толкает их *к* нему.<sup>[1291]</sup> Но в течение нескольких ночей двум наблюдателям придаток казался двойным. Темпел 27 июня и Льюис Босс в Олбани (Нью-Йорк) 26 и 28 июня видели длинный прямой луч, соответствующий гораздо более высокой скорости излучения, чем изогнутый шлейф, и, как показал Бредихин, принадлежащий к (так называемому) классу водорода. Он исчез к 1 июля, но временно появился 22 июля.<sup>[1292]</sup>

Отростки этой кометы отличались поразительной прозрачностью. Маленькие звезды совершенно не тускнели на хвосте, и почти центральное прохождение головы над звездой седьмой звездной величины в ночь на 29 июня привело к увеличению яркости объекта этого спонтанного эксперимента — если вообще имело место какое-либо изменение.<sup>[1293]</sup> Доктор Мейер из Женевской обсерватории действительно обнаружил явные признаки преломления лучей, прошедших таким образом;<sup>[1294]</sup> но его наблюдения остаются изолированными и, предположительно, были иллюзорными.

Путь, пройденный этой кометой, давал особые преимущества для ее наблюдения. Поднимаясь от Ауриги через Камелопардус, 19 июля он остановился на линии между Указателями и Полюсом, в пределах  $8^\circ$  от последнего, и, таким образом, в течение длительного периода времени постоянно находился над горизонтом северных наблюдателей. Его яркость тоже не была кратковременным вспыхиванием, а обладала длительным качеством, которое позволяло постоянно держать его в поле зрения в течение почти девяти месяцев. Видимый невооруженным глазом до конца августа, последний раз он был замечен в телескоп 14 февраля 1882 года, когда его расстояние от земли значительно превысило 300 миллионов миль. В этих обстоятельствах полученные сведения о ее орбите были более

точными, чем обычно, и убедительно показали, что комета не была простым возвращением Бесселя; для этого потребовался бы период в семьдесят четыре года, тогда как комета Теббатта может вернуться к Солнцу только по прошествии двух с половиной тысячелетий.[1295] Тем не менее, тела-близнецы движутся настолько близко по одному и тому же пути, что какая-то первоначальная связь очевидна; и недавний пример Биелы легко подсказал гипотезу относительно того, какова могла быть природа этой связи. Таким образом, кометы 1807 и 1881 годов с большой долей вероятности рассматриваются как фрагменты первичного разрушенного тела, следующие одна за другой с интервалом в семьдесят четыре года.

Были сделаны несовершенные фотографии кометы Донати как в Англии, так и в Америке:[1296] но комета Теббатта была первой, к которой был удовлетворительно применен этот процесс. Трудности, которые предстояло преодолеть, были очень велики. Начнем с того, что химическая интенсивность кометного света чрезвычайно мала. Янссен оценил это в  $1/300000$  лунного света. [1297] Следовательно, если бы обычный процесс, с помощью которого делаются лунные фотографии, был применен к комете 1881 года, для получения изображения головы с примерно десятой частью хвоста потребовалась бы экспозиция не менее *трех дней*. Нок тому времени был разработан новый метод значительно повышенной чувствительности, с помощью которого использовавшиеся до сих пор влажные коллодиевые пластины были заменены сухими желатиновыми пластинами; и одно только это усовершенствование сократило необходимое время воздействия до двух часов. Это время было сокращено до получаса благодаря использованию Янссеном рефлектора, специально приспособленного для получения изображения, освещенного в восемь-десять раз сильнее, чем в фокусе обычного телескопа.[1298]

Фотографическая слабость кометных лучей была не единственным препятствием на пути к успеху. Собственное движение этих тел настолько быстро, что обычные устройства для постоянного наблюдения за небесным телом становятся совершенно неприменимыми. Механизм, с помощью которого отслеживается суточное движение сферы, должен быть специально модифицирован в соответствии с каждой эксцентричной профессией. Это тоже было сделано, и 30 июня 1881 года Янссен получил прекрасную фотографию видимого тогда блестящего объекта, на которой с прекрасной отчетливостью была видна структура хвоста на расстоянии  $2-1/2$

° от головы. Оттиск с углом почти 10° был получен примерно в то же время доктором Генри Дрейпером в Нью-Йорке с экспозицией 162 минуты.[1299]

Комета Теббатта (или комета 1881 iii.) также была первой кометой, спектр которой пытались зарегистрировать химическим путем. И Хаггинс, и Дрейпер добились успеха в этом отношении, но Хаггинс добился большего успеха.[1300] Важность этого подвига заключалась в том, что он открыл для исследования часть спектра, невидимую глазу, и, таким образом, предоставил дополнительную проверку строения кометы. Результатом было полное подтверждение происхождения углеродных соединений, относящихся к видимым лучам, путем выявления дополнительных полос, принадлежащих к той же серии в ультрафиолетовом диапазоне; а также безошибочно установить присутствие немалой доли отраженного солнечного света по четкому отпечатку некоторых основных линий Фраунгофера. Таким образом, было установлено, что полярископ сказал правду, хотя и не всю правду.

Фотография, столь убедительно передающая информацию, была сделана сэром Уильямом Хаггинсом ночью 24 июня; а 29 июня в Гринвиче было замечено, что контрольные линии Фраунгофера прерывают видимый диапазон спектра. Сначала это было настолько ярко, что характерные кометные полосы едва можно было отделить от их яркого фона. Но по мере того, как ядро угасало к концу июня, они выделялись все ярче и были все более отчетливо видны как в Гринвиче, так и в Принстоне, что соответствовало не спектру углеводородов, светящихся в вакуумной трубке, а спектру тех же веществ, горящих в пламени Бунзена.[1301] Однако нет необходимости делать вывод, что кометные материалы действительно находятся в состоянии горения. Это, исходя из всего, что мы знаем, можно назвать невозможным. Дополнительная подсказка заключалась скорее в способе их электрического освещения.[1302]

Было обнаружено, что спектр хвоста у этой кометы существенно не отличается от спектра головы. Профессор Райт из Йельского колледжа установил, что большой процент его света поляризован в плоскости, проходящей через солнце, и, следовательно, является отраженным солнечным светом.[1303] Этой части его излучения соответствовал слабый непрерывный спектр; но также присутствовали газовые выбросы. В Потсдаме 30 июня Фогель действительно проследил углеводородные полосы до самого конца хвоста;[1304] и Янг удерживал их в поле зрения на большем расстоянии от ядра, чем более равномерно рассеянный свет.

Кажется, нет никаких сомнений в том, что, как и в солнечной короне, относительная интенсивность спектров двух порядков подтверждена колебаниям.

Комета 1881 года iii. таким образом, оказала заметную услугу науке. По сравнению с кометой 1807 года это был первый неоспоримый пример двух таких тел, движущихся настолько близко по одной орбите, что не оставляло абсолютно никаких сомнений в существовании генетической связи между ними. Вместе с ней появилась кометная фотография, а с ее помощью заметно продвинулась вперед кометная спектроскопия. Еще до того, как он скрылся из виду, у него появился преемник.

В обсерватории Анн-Арбор, штат Мичиган, 14 июля доктором Шеберле была открыта комета, которой, поскольку его притязания на приоритет неоспоримы, часто разрешается носить его имя, хотя на строго научном языке она обозначается как комета 1881 iv. Оно наблюдалось в Европе через три дня, стало едва различимым невооруженным глазом в конце июля и постоянно становилось ярче вплоть до прохождения перигелия 22 августа, когда оно все еще находилось примерно в пятидесяти миллионах миль от солнца. В течение многих дней того месяца было представлено необычное зрелище: две яркие кометы кружили вместе, хотя и на совершенно разных расстояниях, вокруг Северного полюса небес. Новичок, однако, так и не приблизился к первоначальному блеску своего предшественника. Его ядро, когда было самым ярким, было сравнимо со звездой Кор Кароли - узким, идеально прямым лучом, исходящим от нее на расстоянии  $10^{\circ}$ . Бредихин легко показал, что это хвосты водородного типа;<sup>[1305]</sup> в то время как "странный, слабый второй хвост или раздвоение первого", наблюдаемый капитаном Ноблом 24 августа,<sup>[1306]</sup> относится к классу углеводородных излучений. Это было замечено 22 и 24 августа доктором Ф. Терби из Лувена,<sup>[1307]</sup> как короткая туманная кисть, похожая на неудачное начало скопления изогнутых поездов; но больше не появлялась. Его хорошо засвидетельствованное присутствие свидетельствовало о сложном строении таких тел и разнообразных видах деятельности, происходящих в них.

Единственная особенность в спектре кометы Шеберле заключалась в почти полном отсутствии непрерывного света. Углеродные полосы были почти изолированными и очень яркими. Едва от ядра отходила радужная полоса, указывающая на твердое или жидкое вещество, которого в этой комете, должно быть, было очень мало. Насколько известно, ее визит к Солнцу в

1881 году был первым. Элементы ее орбиты не имели сходства ни с элементами орбиты какой-либо предыдущей кометы, ни с какими-либо заметными признаками периодичности. Так что, хотя это и можно считать вероятным, мы не *знаем*, движется ли оно по замкнутой кривой или когда-либо снова войдет в пределы солнечной системы. В последний раз его видели из южного полушария 19 октября 1881 года.

Третья из квартета ярких комет, видимых в течение шестнадцати месяцев, была открыта мистером К. С. Уэллсом в обсерватории Дадли, Олбани, 17 марта 1882 года. Два дня спустя мистер Льюис Босс описал ее как "огромную комету в миниатюре", настолько четко очерченными и правильно развитыми были ее различные части и придатки. Видимый с помощью оптической системы в начале мая, он был замечен 5 июня на меридиане в Олбани незадолго до полудня — астрономическое событие крайней редкости. Комета Уэллса, однако, никогда не становилась объектом настолько заметным, чтобы привлечь всеобщее внимание, из-за ее погружения в вечерние сумерки нашего северного июня.

Но изучение его спектра выявило новые факты, представляющие чрезвычайный интерес. Было обнаружено, что все исследованные до тех пор кометы (за уже упомянутыми двумя временно наблюдаемыми исключениями) соответствуют одному неизменному типу светового излучения. Индивидуальные различия были, но специфических различий не было. Теперь все эти тела держались на почтительном расстоянии от солнца, поскольку никаких спектроскопических исследований большой кометы 1880 года не проводилось. Комета Уэллса, с другой стороны, приблизилась к ее поверхности на расстояние немногим более пяти миллионов миль 10 июня 1882 года; и близость к ней привела к появлению новой особенности в ее накале.

В течение первой половины апреля ее спектр был обычного типа, хотя углеродные полосы были необычно слабыми; но с приближением к солнцу они исчезли, и весь свет, казалось, сконцентрировался в узкую, непрерывную, блестящую полосу, которую едва можно было отличить от спектра звезды. Это необычное поведение привлекло внимание, и за ним было установлено строгое наблюдение. Это было вознаграждено в обсерватории Дунехт 27 мая различением того, чего никогда прежде не видели в кометах, — желтого луча натрия.<sup>[1308]</sup> К 1 июня это разгорелось в пламя, перекрывающее все остальные выбросы. Свет кометы был практически монохроматическим; и

можно было наблюдать изображение всей головы с корнем хвоста, похожее на солнечный протуберанец, изображенный в своем новом ярко-шафрановом одеянии внутри открытой щели.

31 мая в Потсдаме Фогель с удивлением заметил ярко-желтую линию, которая на следующий вечер была идентифицирована с буквой "D" Фраунгофера. Его характер привел его к выводу об очень значительной плотности испускаемого им светящегося пара.[1309] Хассельберг привел дополнительный аргумент в пользу электрического происхождения кометного света на основе изменений в спектре кометных ям.[1310] Поскольку они были тесно связаны с некоторыми более ранними экспериментами Видемана, в которых газовые спектры электронных ламп были сразу стерты при введении паров металлов. Казалось, как только металл стал летучим из-за высокой температуры, он узурпировал всю функцию передачи разряда, и результирующий свет, таким образом, был исключительно его производства. Если бы речь шла о простом накаливании под действием тепла, эффект был бы иным; два спектра были бы наложены друг на друга без ущерба ни для того, ни для другого. Аналогичным образом, замена углеводородных полос в спектре кометы натриевой линией доказала, что возбуждающим фактором является электричество. Ибо возрастающая тепловая мощность солнца действительно могла бы воспламенить натрий, но не могла бы погасить углеводороды.

Сэру Уильяму Хаггинсу удалось сфотографировать спектр кометных колодцев с выдержкой в один час с четвертью.[1311] Результат должен был подтвердить новизну его характера. Ни одна из ультрафиолетовых углеродных групп не была видна, но определенные яркие лучи, пока еще не идентифицированные, запечатлелись сами по себе. В остальном спектр был сильно непрерывным, прерываемым даже линиями Фраунгофера, обнаруженными в спектре кометы Теббатта. Отсюда был сделан вывод, что меньшая доля отраженного света смешивалась с собственным излучением более позднего прибытия.

Все, что определенно известно о *про т я ж е н н о с т и* орбиты, пройденной первой кометой 1882 года, - это то, что она прилетела из чрезвычайно отдаленных глубин космоса и сейчас удаляется в них. Американский компьютер[1312] обнаружил указанный для него период не менее 400 000 лет; А. Траен из Дингельштедта пришел к одному из 3617.[1313] Возможно, обе они одинаково небезопасны.



Теперь мы должны дать краткий отчет об одном из самых замечательных кометных явлений за всю историю наблюдений и — за единственным исключением того, которое связано с именем Галлея, — наиболее поучительном для астрономов. Уроки, извлеченные из него, были столь же разнообразны и значительны, сколь великолепен был его внешний вид; хотя из-за того, что он был виден в целом только перед восходом солнца, зрителей его великолепия было сравнительно немного.

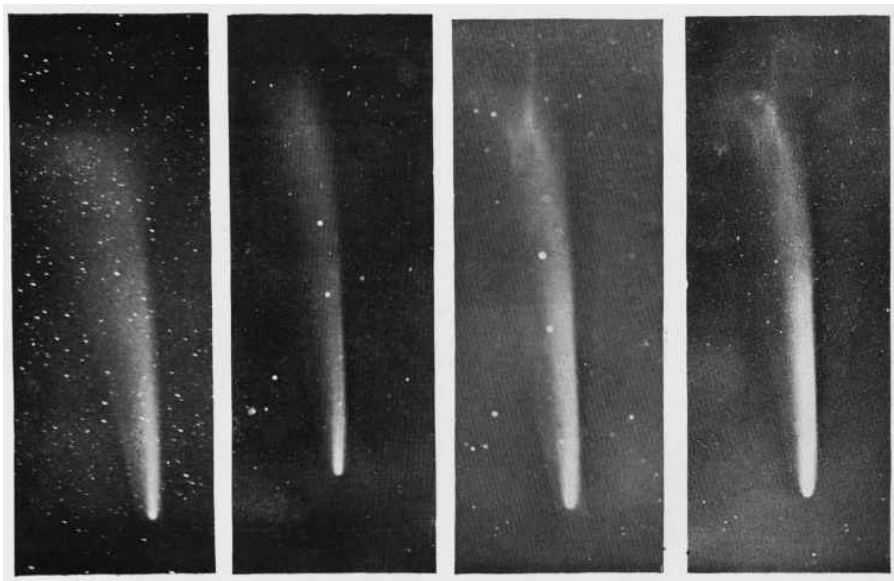
Об открытии большой кометы в Рио-Жанейро 11 сентября 1882 года стало известно в Европе благодаря телеграмме М. Крулса, директора местной обсерватории. Однако (как выяснилось впоследствии) он уже был замечен 8-го числа мистером Финлеем из Кейпской обсерватории, а в Окленде - уже 3 сентября. Более позднее, но очень необычно обусловленное обнаружение, совершенно не связанное ни с одним из предыдущих, было произведено доктором Коммоном в Илинге. После затмения 17 мая, когда комета, названная "Тьюфик" в честь египетского хедива, была запечатлена на фотографиях доктора Шустера, запутавшегося, можно сказать, во внешних лучах короны, он тщательно изучал окрестности солнца на предмет бесконечно малого шанса встретить другое подобное тело на его быстром пути туда или около того. Мы с удивлением отмечаем, что ровно через четыре месяца этот ничтожно малый шанс оказался в его пользу.

Утром в воскресенье, 17 сентября, он увидел большую комету, которая быстро приближалась к солнцу. Фактически, это было в нескольких часах от перигелия. Были немедленно приняты некоторые меры по определению местоположения; но облачная завеса скрыла интересное зрелище задолго до того, как миновал полдень. Мистеру Финлею на мысе повезло больше. Отделенный от своего товарища-наблюдателя половиной мира, он бессознательно закончил под более ясным небом свое прерванное наблюдение. За кометой, серебристое сияние которой разительно контрастировало с красновато-желтым сиянием края солнца, к которому она приближалась, "непрерывно следовали до самого кипения лимба" — обстоятельство, не имеющее прецедента в истории комет.<sup>[1314]</sup> Доктор Элкин, наблюдавший за ходом события с помощью другого прибора, подумал, что внутренний блеск ядра едва ли превосходит блеск поверхности Солнца. Тем не менее, не успел он прикоснуться к нему, как тот исчез, словно уничтоженный. Исчезновение было настолько внезапным (в 4 часа 50 минут 58 минут по среднему времени Кейптауна), что сначала считалось, что комета прошла *позади*



солнца. Но оказалось, что это было не так. Наблюдатели на мысе были свидетелями подлинного транзита. Отсутствие видимости также не могло быть объяснено

### ТАБЛИЧКА III.



Большая комета сентября 1882 года.

Сфотографирована в Королевской обсерватории на мысе Доброй Надежды

по равенству блеска. Ибо градаций света на солнечном диске вполне достаточно, чтобы выделить на темном фоне края любой объект, соответствующий яркости центра; в то время как объект, одинаково светящийся с краем, неизбежно должен казаться темным в центре. Таким образом, единственная приемлемая точка зрения заключается в том, что основная масса кометы имела слишком тонкую структуру, а ее предположительно твердое ядро было слишком маленьким, чтобы перехватывать какую—либо заметную часть солнечных лучей - фрагмент информации, который стоит запомнить.

На следующее утро объект этого уникального наблюдения продемонстрировал (по словам сэра Дэвида Гилла) "удивительную яркость, когда он поднимался из-за гор на востоке Столовой бухты, и, казалось, никоим образом не уменьшился в яркости, когда солнце взошло несколько минут спустя. Нужно

было только заслонить глаза от прямых солнечных лучей рукой на расстоянии вытянутой руки, чтобы увидеть комету с ее блестящим белым ядром и плотным белым хвостом с резкими окаймлениями длиной почти в полградуса".[1315] По всему миру, где бы небо ни было ясным в тот день, 18 сентября, это было очевидно обычному зрению. С 1843 года ничего подобного не видели. Из Испании, Италии, Алжира, Южной Франции приходили депеши, извещавшие о необычайном появлении. В Кордове, в Южной Америке, "пылающая звезда рядом с солнцем" была единственной темой для обсуждения.[1316] Более того — и это совершенно необычно — рекорды его видимости невооруженным глазом при дневном свете превышают три дня. В Реусе, недалеко от Таррагоны, оно было достаточно ярким, чтобы его можно было увидеть сквозь проплывающее облако, когда от его лимба отделяло всего три диаметра солнца, как раз перед тем, как оно окончательно миновало перигелий 17 сентября; в то время как в Картахене в Испании 19 сентября его видели в течение двух часов до и двух часов после полудня, и в тот же день оно было аналогичным образом видно в Алжире.[1317]

Но еще более удивительными, чем внешний вид самого тела, были природа и взаимосвязи пути, по которому оно двигалось. Первые приблизительные элементы, рассчитанные для нее мистером Теббаттом, доктором Чандлером, и мистером Уайтом, ассистентом Мельбурнской обсерватории, сразу показали поразительное сходство с элементами комет-близнецов 1843 и 1880 годов. Этот наводящий на размышления факт стал известен в нашей стране 27 сентября посредством циркуляра Дунехта. Это было полностью подтверждено последующими исследованиями, для которых, к счастью, были предоставлены широкие возможности. Сходство, действительно, не было таким абсолютно совершенным, как в предыдущем случае; оно включало некоторые незначительные, хотя и реальные различия; но оно несло на себе сильный и безошибочный отпечаток, что в целом затрудняло объяснение.

На самом деле были доступны только две гипотезы. Либо комета 1882 года была ускоренным возвращением комет 1843 и 1880 годов, либо это был фрагмент первоначальной массы, к которой они также принадлежали. Для целей первого взгляда "сопротивляющийся медиум" был задействован в полную силу; мнение о его эффективности было в течение некоторого времени распространенным и популярным и, более того, послужило основой для сенсационной паники. Ибо комета, которая при единственном прохождении через атмосферу Солнца столкнулась

с достаточным сопротивлением, чтобы сократить свой период с тридцати семи до двух лет и восьми месяцев, должна в ближайшем будущем остановиться на его поверхности; и последовавший за этим солнечный пожар был представлен в некоторых кругах, при большей свободе воображения, чем при поддержке науки, как имеющий катастрофическое значение для жителей нашей маленькой планеты.

Но в 1882 году был доступен тест, который не удалось применить ни в 1843, ни в 1880 году. Два тела, видимые в те годы, наблюдались только после того, как они уже прошли перигелий; [1318] с другой стороны, за третьим членом группы точно наблюдали в течение недели до этого события, а также в течение многих месяцев после него. Наблюдение Финлея и Элкина за его исчезновением на краю солнца послужило, кроме того, особенно тонкой проверкой его движения. Таким образом, была предоставлена возможность путем прямого сравнения скорости кометы до и после ее критического падения через солнечное окружение с приблизительной уверенностью установить, наблюдалось ли какое-либо значительное замедление в ходе этого падения. Был дан четкий ответ, что нет. Вычисленные и наблюдаемые места по обе стороны от солнца гармонично сочетались друг с другом. Эффект, если таковой и был произведен, был слишком мал, чтобы его можно было ощутить.

Этот результат сам по себе запоминающийся. Это, по-видимому, является *последним ударом* по теории Энке — дискредитированной, к тому же, исследованием Баклунда - о сопротивляющейся среде, быстро уплотняющейся внутри. Расстояние по перигелию кометы 1882 года, хотя и было несколько больше, чем у ее предшественниц, тем не менее, было чрезвычайно малым. Она прошла на расстоянии менее 300 000 миль от поверхности Солнца. Но эфирная субстанция, которая, как долгое время предполагалось, препятствует движению кометы Энке, была бы там почти в 2000 раз плотнее, чем в перигелии меньшего тела, и, должно быть, оказывала заметное замедляющее влияние. То, что ничего подобного обнаружить не удалось, по-видимому, свидетельствует о том, что такой среды не существует.

В вопросе идентификации не было недостатка в дополнительных доказательствах решающего характера. "Великая сентябрьская комета" 1882 года не спешила скрываться от любопытного изучения с земли. Это было различимо невооруженным глазом в Кордове еще 7 марта 1883 года, и все еще было видно на

большом экваториальном поле 1 июня как "чрезмерно бледное пятно".[1319] В то время она находилась примерно в 480 миллионах миль от земли — расстояние, на которое не удалялась никакая другая комета, даже за исключением необычной 1729 года.[1320] Более того, на глазах астрономов была описана дуга в 340 из всех 360 градусов ее окружности; так что ее курс стал очень хорошо известен. Было установлено, что его движение происходит по очень эксцентричному эллипсу, пройденному за несколько сотен лет.[1321] Более поздние исследования доктора Крейца,[1322] завершено в томе, опубликованном в 1901 году, [1323] продемонстрировал, что период составляет около 800 лет, в то время как период его предшественника в 1843 году, возможно, соответствует этому, но гораздо более вероятно, что он оценивается в 512 лет. Гипотеза о том, что они или любая из связанных с ними комет были возвращением отдельного тела, категорически исключается. Однако все они могли быть отделены от одной первоначальной массы в результате рассеивающего воздействия солнца на близком расстоянии. У каждого, несомненно, свой период, поскольку каждый из них, скорее всего, испытывал особые задержки или ускорения, которые, хотя и незначительны по величине, существенно изменили бы длину большой оси, оставив остальные элементы общей орбиты практически неизменными.[1324]

В 1887 году в семье прибавился пятый член. 18 января того же года М. Том обнаружил в Кордове комету, с удивительной точностью воспроизводящую очертания той, что наблюдалась в тех же широтах семью годами ранее. Узкая полоска света, сужающаяся к солнцу и отходящая от него на расстояние тридцати пяти градусов; невещественная голова — завуалированное ничто, каким оно казалось, поскольку нельзя было различить отчетливого ядра; быстрое превращение в невидимость - все это были соответствующие особенности, и они были подтверждены некоторыми грубыми расчетами его орбиты, показывающими геометрическое сходство не менее безошибочным, чем физическое сходство. Полученные наблюдения, исходя из природы явления, действительно не были ни многочисленными, ни сверхнадежными; и самое раннее из них датировалось неделями после перигелия, прошедшего почти на ощупь, 11 января. 27 января этот загадочный объект едва можно было разглядеть в телескоп в Кордове.[1325] В том, что она принадлежала к серии "южных комет", едва ли можно сомневаться; но вывод о том, что это было реальное возвращение кометы 1880 года, невероятное само по себе, опровергалось ее неявкой в 1894 году. Включение Мейером в эту

необычную группу "затмения-кометы" 1882 года[1326] было одобрено Крейцем после тщательного изучения.

Идея создания кометных систем была впервые предложена Томасом Клаузенем в 1831 году.[1327] Он был разработан покойным М. Хук, директор Утрехтской обсерватории в 1865 году и в некоторые последующие годы.[1328] Он обнаружил, что в довольно значительном числе случаев пути двух или трех комет имели общую точку пересечения далеко в космосе, что с большой долей вероятности указывает на общность происхождения. Это заключалось, по его предположению, в разрушении родительской массы во время ее обращения вокруг звезды, которую посетили в последний раз. Как бы то ни было, факт несомненен: многочисленные кометы распадаются на группы, в которых схожие условия движения свидетельствуют о существовавшей ранее физической связи. Однако никогда прежде геометрические отношения не были столь печально известны, как между рассматриваемыми сейчас кометами; и никогда прежде у кометы, находящейся, можно сказать, в расцвете сил, физические особенности, объясняющие это сродство, не были столь очевидны, как у главного члена группы.

Наблюдение зернистой структуры в ядрах комет относится к далекому семнадцатому веку, когда Цизатус и Гевелий описали центральные части комет 1618 и 1652 годов соответственно как состоящие из скопления мельчайших звезд. Аналогичные симптомы рыхлого агрегатного состояния в последнее время нередко обнаруживались у телескопических комет, помимо примеров фактического разделения, предложенных теми, которые связаны с именами Биely и Лийса. Силы, вызвавшие эти эффекты, по-видимому, были особенно энергичны в большой комете 1882 года.

Сегментация ядра была впервые замечена в Соединенных Штатах и на мысе Доброй Надежды 30 сентября. Она протекала быстро. В Киле 5 и 7 октября профессор Крюгер заметил два очага сгущения. 13 и 17 октября профессор Холден наблюдал определенное и прогрессирующее разделение на *три* массы. [1329] Несколько дней спустя М. Темпель обнаружил, что голова состоит из *четы*рех прозрачных скоплений, расположенных почти вдоль продолжения хвостовой оси;[ 1330] и доктор Коммон 27 января 1883 г. увидели *пять* ядер в линию, "как жемчужины на нитке".[1331] Этот замечательный характер сохранялся до последнего момента отчетливой видимости кометы. По словам доктора Крейца, это было следствием сильного внутреннего

воздействия в самой комете, когда она находилась близко к Солнцу.

Были, однако, и другие любопытные доказательства тенденции к дезагрегированию в этом органе. 9 октября Шмидт обнаружил в Афинах туманный объект в  $4^\circ$  к юго-западу от большой кометы, движущийся в том же направлении. Он оставался видимым в течение нескольких дней, и, судя по расчетам Оппенгейма и Хинда, не может быть никаких сомнений в том, что это действительно было потомство от деления тела, которое он сопровождал.<sup>[1332]</sup> Это становится более вероятным благодаря беспрецедентному зрелищу, представленному 14 октября профессору Барнарду, в то время из Нэшвилла, Теннесси, *шести или восьми* различных кометных масс в пределах  $6^\circ$  юго-западнее головы кометы, ни одна из которых не появилась вновь при следующей возможности поиска.<sup>[1333]</sup> Однако неделю спустя г-н У. Р. Брукс обнаружил один похожий объект в противоположном направлении от кометы. Таким образом, пространство казалось усеянным тонкими обломками этого прекрасного, но хрупкого сооружения по всему пути его удаления от солнца.

Ее хвост был равен (если вообще был равен) по длине хвосту кометы 1843 года. Она простиралась в пространстве на огромное расстояние в 200 миллионов миль от головы; но ее пропорции были столь несовершенны для земных наблюдателей, что она ни разу не охватывала небесную дугу более чем в  $30^\circ$ . Эта видимая протяженность была достигнута в течение нескольких дней, предшествовавших 25 сентября, слабой, тонкой, жесткой полосой, замеченной лишь несколькими наблюдателями — Элкином в Кейпской обсерватории, Эдди в Грэхемстауне и Крулсом в Рио-Жанейро. Он отклонялся под небольшим углом от более плотного изогнутого поезда и был образован, по словам Бредихина,<sup>[1334]</sup> под действием силы отталкивания, в двенадцать раз превышающей противодействующее притяжение силы тяжести. То есть он принадлежал к типу 1; в то время как большой раздвоенный придаток, очевидный всем глазам, соответствовал более низкой скорости излучения, характерной для типа 2. Он был примечателен совершенной четкостью своего окончания, сильно раздвоенной формой и необычным постоянством. Вплоть до конца января 1883 года его протяженность, согласно наблюдениям Шмидта, все еще составляла 93 миллиона миль; а неделю спустя он оставался видимым невооруженным глазом без заметных сокращений.

Самым необычным из всего этого было аномальное вытягивание придатка в сторону солнца. В течение большей части октября и ноября светящаяся "трубка" или "оболочка" огромных размеров, казалось, окружала голову и выступала в направлении, почти противоположном направлению обычных излияний концентрированной материи. (См. Таблицу III.) По расчетам Шмидта, на 15 октября его диаметр составлял не менее четырех миллионов миль, а Крулс описал его как "усеченный конус туманности", вытянутый на 3 или 4 ° в направлении солнца.[1335] Эта и вся передняя часть кометы снова были окружены тонкой, но чрезвычайно объемистой параболоидальной оболочкой, которую Скиапарелли наблюдал в течение целого месяца, начиная с 19 октября.[1336] Не может быть никаких сомнений в том, что эти аномальные выбросы были следствием огромного физического возмущения, испытанного в перигелии; и стоит помнить, что нечто аналогичное наблюдалось в комете 1680 года (Ньютона), также известной своим чрезмерно близким приближением к Солнцу и, возможно, перемещением по аналогичной орбите. Единственная правдоподобная гипотеза относительно способа их образования заключается в противоположном состоянии электризации частиц, составляющих обычные и необычные придатки.

Спектр большой кометы 1882 года частично повторял спектр ее непосредственной предшественницы, подтверждая, таким образом, вывод о том, что ранее не наблюдавшееся натриевое пламя было в обоих случаях прямым результатом интенсивного солнечного воздействия, которому они подвергались. Но на этот раз линия D была замечена не одна. В Дунехте, утром 18 сентября, доктор Дж. Коупленду и Дж. Дж. Лозе удалось идентифицировать шесть ярких лучей зеленого и желтого цветов с таким же количеством заметных линий железа;[1337] очень важное дополнение к нашим знаниям о строении комет, которое подтвердило предположение Бредихина о различных видах материи, исходящих из ядра со скоростями, обратно пропорциональными их атомным весам. Все линии в равной степени демонстрировали небольшое смещение, указывающее на удаление от земли излучающего тела со скоростью 37-46 миль в секунду. Аналогичное наблюдение, сделанное М. Толлоном в Ницце в тот же день, дало решительное подтверждение спектроскопическому методу оценки движения в зоне прямой видимости. Прежде чем что-либо стало известно о траектории или скорости кометы, он объявил, основываясь только на положении двойной линии натрия, что в 3 часа дня 18 сентября ее удаленность от нашей планеты увеличилась с 61 до 76 километров в секунду.[1338] Последующие расчеты М. Бигурдана

показали, что фактическая скорость снижения составляла в тот момент 73 километра.

Изменения в порядке, обратном тем, которые наблюдаются в спектре кометных скважин, вскоре стали очевидными. В более раннем теле углеродные полосы исчезли с *приближением* к перигелию и были заменены выбросами натрия; в его преемнике выбросы натрия ослабли и исчезли с *отступлением* от перигелия, и их заменили углеродные полосы. Профессор Рико действительно смог сделать вывод из последовательности призматических явлений, что комета уже прошла мимо солнца; таким образом, был установлен новый критерий для определения положения кометы на ее орбите по различному качеству ее излучения.

Подводя итог тому, что было известно о пяти заметных кометах 1880-82 годов, мы обнаруживаем, что ведущими фактами, полученными наукой, были эти три. Во-первых, можно встретить кометы, преследующие друг друга с интервалом в много лет по одному и тому же или почти одному и тому же маршруту; так что идентичность орбиты больше не может рассматриваться как верный критерий индивидуальной идентичности. Во-вторых, что, по крайней мере, внешняя корона может пересекаться такими телами совершенно безнаказанно. Наконец, что их химический состав очень сложен и что они обладают, по крайней мере в некоторых случаях, металлическим ядром, напоминающим метеоритные массы, которые иногда достигают земли из планетарного пространства.

Группа из пяти комет, включая комету Галлея, находится в своего рода потребительской зависимости от планеты Нептун. Они удаляются от солнца примерно на такое же расстояние, как и он от него, как бы отдавая дань уважения могущественному защитнику, которому приписывается их появление в качестве периодических посетителей солнечной системы. Вторым из этих тел, повлиявшим на ожидаемое возвращение, была комета — шестнадцатая за последние десять лет, — открытая Понсом 20 июля 1812 года и обнаруженная Энке вращающейся по эллиптической орбите с периодом обращения почти 71 год. Однако мистер Брукс засек его повторное появление только 1 сентября 1883 года; он прошел перигелий 25 января, и в последний раз его видели 2 июня 1884 года. В самом ярком состоянии она имела вид звезды второй величины, снабженной слабо развитым двойным хвостом, и была довольно заметна невооруженным глазом в Южной Европе с декабря по март. Его



отличала одна исключительная особенность. Его колебания формы и яркости были беспрецедентными по скорости и размаху. 21 сентября доктор Чандлер[1339] наблюдал это в Гарварде как очень слабую рассеянную туманность с небольшим уплотнением в центре. На следующую ночь на ее месте была обнаружена яркая звезда восьмой величины, едва отличимая голым следом окружающей дымки от подлинных звезд, которые она подделывала. Изменение сопровождалось восьмикратным усилением света и было доказано подтверждающими наблюдениями Скиапарелли[1340], что оно было достигнуто в течение нескольких часов. Звездная маскировка была быстро отброшена. Комета появилась 23 сентября в виде широкого туманного диска и вскоре после этого исчезла до своей первоначальной тусклости. Его расстояние от солнца составляло тогда не менее 200 миллионов миль, и в его спектре не было ничего необычного. Эти странные изменения слегка повторились 15 октября и с заметным акцентом 1 января, когда они были с изумлением засвидетельствованы и фотометрически изучены Мюллером из Потсдама.[1341] На этот раз весь цикл был пройден менее чем за четыре часа — комета за этот короткий промежуток времени с яркой вспышкой света сконденсировалась в видимую звезду, а видимая звезда снова расширилась в комету. Едва ли менее кратковременные, хотя и не совсем аналогичные изменения внешнего вида были отмечены М. Перротином,[1342] 13 и 19 января 1884 г. Позднее непрерывный спектр, создаваемый красновато-желтым диском, окружающим истинное ядро, казался усиленным яркими узлами, соответствующими лучам натрия.

Комета, открытая мистером Саверталем в Королевской обсерватории на мысе Доброй Надежды 19 февраля 1888 года, отличилась тем, что 19 мая вспыхнула яркостью, в четыре или пять раз превышающей обычную, и в то же время выбросила из головы две блестящие боковые ветви.[1343] 1 июня они распространились назад, чтобы присоединиться к хвосту, с эффектом, подобным игре фонтана; десять или одиннадцать дней спустя они полностью исчезли, оставив комету в ее прежней форме и незначительности. Его резкое проявление жизненной силы произошло через два полных месяца после перигелия.

Утром 7 июля 1889 года мистер У. Р. Брукс из Женевы, штат Нью-Йорк, известный как успешный охотник за кометами, получил один из своих обычных трофеев. Слабый объект, о котором идет речь, двигался в созвездии Кита и оказался членом многочисленного семейства комет Юпитера, обращающихся вокруг Солнца в течение семи лет. Таким образом, его прошлая история в

определенной степени попала в сферу расследования и оказалась исключительно богатой событиями; при этом тело не избежало неувредимости от превратностей, которым оно подвергалось. Наблюдая с горы Гамильтон 2 и 5 августа, профессор Барнард заметил, что эту комету (1889, v в.) сопровождали в ее движении в космосе четыре *спутника*, "Два более ярких спутника" (более слабая пара прожила очень короткое время) "были совершенными миниатюрами", - сообщает нам профессор Барнард,[\[1344\]](#) "более крупной кометы, каждая из которых имеет маленькая, четко очерченная головка и ядро, со слабым, расплывчатым хвостом, более удаленный из которых крупнее и менее развит. Три кометы двигались по прямой линии, почти на восток и запад, их хвосты лежали вдоль этой линии. Между этими объектами не было никакой соединяющей туманности, хвосты двух меньших не доходили друг до друга, как и у большой кометы. По всей видимости, это были абсолютно независимые кометы ". Тем не менее Спиталер в Вене, в первые дни августа, ощутил, так сказать, тонкий кокон туманности, сотканный вокруг всей троицы.[\[1345\]](#) Одна из них исчезла из поля зрения 5 сентября; другая фактически затмевала первоначальную комету 31 августа, но была явно менее жизнеспособной. В последний раз Барнард видел его 25 ноября с помощью тридцатидюймового рефрактора, в то время как его основное местоположение было зафиксировано с помощью двенадцатидюймового 20 марта 1890 года.[\[1346\]](#) Причина сбоя, которому он предположительно подвергся, была достоверно установлена до этого.

Приключения кометы Лекселла долгое время служили примером деспотической власти Юпитера над такими телами. Хотя в 1770 году он был достаточно ярким, чтобы его можно было увидеть невооруженным глазом, и, как было установлено, циркулировал в течение пяти с половиной лет, ранее его никогда не видели, и впоследствии он не проявлялся. Объяснение этой аномалии, предложенное Лекселлом и полностью подтвержденное аналитическими исследованиями Лапласа и Леверье,[\[1347\]](#) состояло в том, что очень близкое сближение с Юпитером в 1767 году полностью изменило характер его орбиты и привело к тому, что он оказался в пределах досягаемости наземных наблюдений; в то время как в 1779 году, после того как он всего дважды пересек свой новый путь (при его втором возвращении обстоятельства сложились так, что он был невидимый с земли), он был, благодаря новой встрече, преобразован в совершенно другой. И все же не упускалась из виду возможность того, что великая планета, изменив свой способ действия, может отменить

свою собственную работу и снова забросить комету во внутреннюю часть солнечной системы. Эта возможность, по-видимому, была реализована благодаря идентификации Чандлером кометы Брукса и Лекселла.[1348] Чрезвычайно близкое сближение с Юпитером в 1886 году, как он нашел основания полагать, привело к таким обширным изменениям в элементах его движения, что заблудшее тело вернулось в наши окрестности в 1889 году. Но его вывод, хотя и подтвержденный предварительными расчетами мистера Чарльза Лейна Пура, при ближайшем рассмотрении оказался сомнительным и стал совершенно неприемлемым из-за обстоятельств возвращения кометы Брукса в 1896 году.[1349] Объекты-спутники, наблюдавшиеся Барнардом в 1889 году, к тому времени, возможно, рассеялись в пространстве, поскольку они не были обнаружены повторно. По всей вероятности, они представляли собой обломки от столкновения с Юпитером, датируемого, возможно, еще 1791 годом, когда мистер Лейн Пур обнаружил, что произошла одна из судьбоносных встреч, которым особенно подвержены короткопериодические кометы.

Случай Лекселла-Брукса был почти повторен из-за сходства с потерянной кометой Де Вико 1844 года[1350] одной из обнаруженных 20 ноября 1894 г. Эдвардом, сыном Льюиса Свифта. Шульхоф[1351] объявил личность, и Чендлер.[1352] в разделе "Резерв", поручился за это. Если бы комета продолжала следовать по пути, кропотливо проложенному для нее в Бостоне, и показала себя в должное время в 1900 году, ее индивидуальность можно было бы считать обеспеченной; но грозный наместник солнца еще раз вмешался и в 1897 году смел ее из поля зрения земли. Следовательно, признание остается неоднозначным.

Утром 7 марта 1892 года профессор Льюис Свифт обнаружил самую яркую комету, которую наблюдатели с севера видели с 1882 года. Примерно во время перигелия, которое произошло 6 апреля, это было заметно, поскольку оно пересекало небесный экватор от Водолея к Пегасу, с ядром, равным звезде третьей величины, и хвостом длиной в двадцать градусов. Этот хвост был множественным, и множественным самым любопытным образом. Он разделялся на множество тонких туманных полос, количество и относительный блеск которых претерпевали быстрые и заметные изменения. Их постоянная запись на фотопленках Барнарда и У. Х. Пикеринга ознаменовала заметный прогресс в области кометной фотографии. Фото IV. воспроизводятся два снимка Lick, сделанные шестидюймовой камерой 5 и 7 апреля

соответственно, с экспозицией около одного часа в каждом случае. Хвост у первого состоит из трех основных ветвей, средняя из которых распустилась со вчерашнего утра, а ветви, в свою очередь, разделяются на более тонкие лучи, всего их около дюжины. Во втором демонстрируется совершенно иное положение вещей. "Южный компонент, - заметил профессор Барнард, - который был самым ярким 5-го числа, стал рассеянным и более тусклым, в то время как средний хвост был очень ярким и широким. Его южная сторона, которая была лучше всего очерчена, была волнистой во многих местах, хвост выглядел так, как будто возмущающие потоки текли под прямым углом к нему. На расстоянии  $42^\circ$  от головы хвост делал резкий изгиб к югу, как будто его течение было отклонено каким-то препятствием. В самой плотной части хвоста, в точке отклонения, есть пара темных отверстий, похожих на те, что видны в некоторых туманностях. Средняя часть хвоста ярче и местами похожа на мятый шелк".<sup>[1353]</sup> На следующее утро южная часть была видной ветвью, и на расстоянии  $1^\circ 42'$  от головы она была снабжена странным наростом, предполагающим появление новой кометы в этой неуместной ситуации.<sup>[1354]</sup> Профессор Барнард считал, что некоторые из этих изменений, возможно, могут быть объяснены вращением хвоста вокруг оси, проходящей через ядро, и Пикерингом, который сформировал аналогичное мнение о независимых

ФОТО IV.



1

2

Фотографии кометы Свифта. Автор: профессор Э. Э. Барнард. № 1. Снято 4 апреля 1892 г.; экспозиция 1 ч. № 2. Снято 6 апреля 1892 г.; экспозиция 1 ч. 5 м.

грунт, назначенный примерно на 94 часа в качестве периода вращательного движения.[\[1355\]](#) Более того, он определил скорости ускорения определенных уплотнений в хвосте, удаляющихся от солнца, что указывает на плотность его

материалов, согласно теории Бредихина, в два раза меньше, чем у водорода.[1356] Этот вывод применим также к комете Рордейма, которая годом позже продемонстрировала явления, аналогичные тем, что были отмечены у Свифта. Их фотографическое исследование привело профессора Хасси[1357] к важным выводам относительно структуры и быстрых изменений кометных придатков.

В 1892 году было обнаружено семь комет, и все они, как ни странно, были видны вместе к концу года.[1358] Среди них был слабый объект, который неожиданно оставил след на пластине, выставленной профессором Барнардом перед звездами в Аквиле[1359] 12 октября. Это была первая комета, фактически открытая с помощью фотографии, комета Сохага была одновременно замечена и сфотографирована. Ее период составляет около шести лет. Комета Холмса также является периодической, менее чем за семь лет. Ее путь, который полностью проходит между орбитами Марса и Юпитера, менее эксцентричен, чем у любой другой известной кометы. Впоследствии, после своего открытия, 6 ноября, он претерпел некоторые любопытные перипетии. Сначала яркое и уплотненное, оно быстро расширялось с увеличением расстояния от солнца (к которому оно приблизилось максимально близко 13 июня), пока к середине декабря не стало едва различимым в мощные телескопы в виде "слабо светящегося тумана на поверхности неба".[1360] Но 16 января 1893 года наблюдатели в Европе и Америке были сбиты с толку, обнаружив желтую звезду седьмой величины, окутанную тонкой туманной оболочкой, которая окружала слабый миниатюрный хвост.[1361] Это сгущение и восстановление света продолжалось в его полной интенсивности всего пару дней. Почти мимолетная слабость кометы Холмса при ее следующем возвращении объясняла ее невидимость до 1892 года, когда она, очевидно, находилась в состоянии особого возбуждения. Мистеру Перрину с трудом удалось с помощью 36-дюймового телескопа обнаружить расплывчатое пятно, которое занимало предсказанное место 10 июня 1899 года.

Происхождение комет изучалось долго и жадно, не совсем без обнадеживающего руководства установленными фактами. Сэр Уильям Гершель рассматривал их как фрагменты туманностей[1362]—разрозненные обломки зародышевых миров; и Лаплас одобрил и перенял эту идею.[1363] Но возникла трудность. До сих пор не наблюдалось ни одной кометы, движущейся по четкой гиперболе. Типичная кометная орбита, если не считать возмущений, параболическая, то есть неотличима

от чрезвычайно длинного эллипса. Но это обстоятельство можно было примирить с точкой зрения, что движущиеся таким образом тела были случайными посетителями из космоса, только сделав, как это сделал Лаплас, молчаливое допущение, что солнечная система находится в состоянии покоя. Его рассуждения были, действительно, таким образом, полностью искажены, как указал Гаусс в 1815 году;<sup>[1364]</sup> и выдвинутые затем возражения были повторены Скиапарелли,<sup>[1365]</sup> который продемонстрировал в 1871 году, что большое преобладание четко выраженных гиперболических орбит должно возникать, если кометы были подхвачены *в пути* быстро приближающимся солнцем. Тот факт, что их естественное движение практически параболическое, показывает, что оно было полностью передано извне. Они пассивно подчинялись оказываемому на них притяжению. Другими словами, до того, как их привлекло солнце, они находились в состоянии, близком к относительному покою.<sup>[1366]</sup> Они разделяли, соответственно, движение трансляции в пространстве солнечной системы.

Этот важный вывод был указан на других основаниях как результат исследований, проведенных независимо Кэррингтоном<sup>[1367]</sup> и Моном<sup>[1368]</sup> в 1860 году с целью установления предполагаемого существования о взаимосвязи между общей *ложью* траекторий движения комет и направлением движения Солнца. Вполне очевидно, что если они бессистемно блуждают по межзвездным областям, то их явления должны заметно скапливаться вблизи созвездия Лиры; то есть мы должны встретить значительно больше комет, чем могли бы догнать нас, по той же причине, что падающих звезд больше после полуночи, чем до нее. Более того, встреченные нами кометы должны быть, по-видимому, более быстро движущимися объектами, чем те, что приближаются к нам сзади; потому что в одном случае наше собственное реальное движение было бы добавлено к их движению, а в другом - вычтено из него. Но ничего из этого обнаружить не удастся. Кометы приближаются к Солнцу безразлично со всех сторон и со скоростями, совершенно не зависящими от направления.

Таким образом, мы заключаем, что "космический поток", который несет солнечную систему к ее неизвестной цели, несет с собой также туманные массы неопределенной протяженности и на неопределенном расстоянии, фрагменты, отделившиеся от них, постоянно попадая в сферу притяжения Солнца, пролетают по нашему небу в виде комет. Однако они почти наверняка настолько незнакомы с нашей системой, что не принимали участия в



длительных процессах развития, благодаря которым было достигнуто ее нынешнее состояние. Возможно, они являются пережитками более раннего и для нас едва и смутно постижимого состояния вещей, когда клубящийся хаос, из которого по высочайшему указу должны были возникнуть солнце и планеты, еще не начал существовать по отдельности.

## СНОСКИ:

[1267] *Astr. Nach.*, Nos. 1,172-4.

[1268] *Berichte Sächs. Гэс.*, 1871, с. 174.

[1269] *Природа кометы*, стр. 124; *Astr. Nach.*, No. 2,086.

[1270] *Летопись труда. de Moscou*, т. iii., часть первая, стр. 37.

[1271] *Бычий текст. Астр.*, т. iii., с. 598. Было найдено значение отталкивающей силы для кометы 1811 года (которая предоставляла особые возможности для ее определения) = 17.5.

[1272] Фэй, *Comptes Rendus*, т. xciii., стр. 13.

[1273] *Анналы*, т. v., часть ii., стр. 137.

[1274] *Ам. Журнал Sc.*, том. xxxii. (2-я сер.), стр. 57.

[1275] *Astr. Nach.*, No. 2,082.

[1276] *Летопись труда. de Moscou*, т. vi., часть первая, стр. 60.

[1277] *Astr. Реестр*, март 1883 г.

[1278] *Astr. Nach.*, No. 3,018.

[1279] *Там же.*, № 3,093.

[1280] *Конституция космического пространства Селеста*, стр. 224.

[1281] *Астроф. Jour.*, vol. iii., p. 36.

[1282] *Журнал физики*, 10 и 17 ноября 1900 г.; *Астроф. Jour.*, vol. xiii., p. 344. Cf. Schwarzschild, *Sitzungsb.*, München, 1901, Heft iii.; J. Hahn, *Nature*, vols. lxx., p. 415; lxxvi., p. 55.

[1283] *Astr. Nach.*, No. 2,307.

[1284] *Там же.*, № 2,304.



- [1285] *Обсерватория*, том iii., стр. 390.
- [1286] *Astr. Nach.*, No. 2,319.
- [1287] *Ueber die Kometen von 371 v. Chr.*, 1668, 1843, I. und 1880 I. Göttingen, 1880.
- [1288] *Meteor.*, библиотека i, глава 6.
- [1289] *Mém. Soc. Физ. de Genève*, t. xxviii., p. 23.
- [1290] *Летопись труда. de Moscou*, т. vii., часть первая, стр. 60.
- [1291] Бредихин, *Анналы*, т. viii., стр. 68.
- [1292] *Am. Журнал Sc.*, том. xxii., с. 305.
- [1293] Господа. Бертон и Грин наблюдали расширение изображения звезды в виде туманного пятна в результате прохождения ее лучей через ядерную струю кометы. *Am. Журнал Sc.*, том. xxii., стр. 163.
- [1294] *Архив наук*, т. viii., стр. 535. Ср. Отрицательные результаты Перрина для кометы Свифта в 1899 году, *Astr. Nach.*, No. 3,602.
- [1295] Исследование Riem завершилось в 1896 году на определенный период в 2429 лет; *Обсерватория*, том xix., стр. 282.
- [1296] Холден, *Опубл. Astr. Рас. Soc.*, том ix., стр. 89.
- [1297] *Ежегодник*, Париж, 1882, стр. 781.
- [1298] *Ежегодник*, 1882, стр. 766.
- [1299] *Am. Журнал Sc.*, том. xxii., с. 134.
- [1300] *Отчет британца. Доц.*, 1881, с. 520.
- [1301] *Месяц. Не.*, том. xlii., стр. 14; *Am. Журнал Sc.*, том. xxii., с. 136.
- [1302] Пьянци Смит, *Природа*, том. xxiv., с. 430.
- [1303] *Astr. Nach.*, No. 2,395.
- [1304] *Там же*.
- [1305] *Astr. Nach.*, No. 2,411.
- [1306] *Месяц. Не т.*, том. xlii., стр. 49.

- [1307] *Astr. Nach.*, No. 2,414.
- [1308] *Коперник*, том ii., стр. 229.
- [1309] *Astr. Nach.*, Nos. 2,434, 2,437.
- [1310] *Там же.*, № 2,441.
- [1311] *Отчет британца. Доц.*, 1882, с. 442.
- [1312] Дж. Дж. Парсонс, *Журнал науки*, том. xxvii., с. 34.
- [1313] *Astr. Nach.*, No. 2,441.
- [1314] *Обсерватория*, том v., стр. 355. Транзит был предвиден мистером Теббаттом, но это произошло после захода солнца в Новом Южном Уэльсе.
- [1315] *Обсерватория*, т. v., стр. 354.
- [1316] Гулд, *Astr. Nach.*, No. 2,481.
- [1317] Фламарион, *Собрание сочинений*, т. xcv., стр. 558.
- [1318] Секстантное наблюдение капитаном Рэем кометы 1843 года за несколько часов до перигелия было слишком приблизительным, чтобы его можно было использовать.
- [1319] *Astr. Nach.*, No. 2,538.
- [1320] *Природа*, том xxix., стр. 135.
- [1321] *Astr. Nach.*, No. 2,482.
- [1322] *Vierteljahrsschrift Astr. Ges.*, Jahrg. xxiv., с. 308; *Бык. Астр.*, т. vii., с. 513.
- [1323] *Обсерватория*, vol. xxiv., с. 167.
- [1324] Внимание автора было любезно направлено на этот момент профессором Янгом из Принстона (Нью-Джерси). *Ср.* Ребер-Пашвиц, *Сириус*, Bd. xvi., стр. 233.
- [1325] Оппенгейм, *Астр. Nach.*, No. 2,902.
- [1326] *Astr. Nach.*, No. 2,717.
- [1327] *Анализ* Грюйтхейзена, № 7, стр. 48.
- [1328] *Месяц. Не.*, тома xxv., xxvi., xxviii. *Ср.* Пламмер, *Обсерватория*, vol. xiii., с. 263.

- [1329] *Природа*, том. ххvii., стр. 246.
- [1330] *Astr. Nach.*, No. 2,468.
- [1331] *Атенеум*, 3 февраля 1883г.
- [1332] *Astr. Nach.*, Nos. 2,462, 2,466.
- [1333] *Там же.*, № 2,489.
- [1334] *Анналы*, Москва, т. ix., часть ii., стр. 52.
- [1335] *Comptes Rendus*, т. хcvii., стр. 797.
- [1336] *Astr. Nach.*, No. 2,966.
- [1337] *Коперник*, том ii., стр. 235.
- [1338] *Comptes Rendus*, т. хсvi., стр. 371.
- [1339] *Astr. Nach.*, No. 2,553.
- [1340] *Там же.*
- [1341] *Astr. Nach.*, No. 2,568.
- [1342] *Анналы обсерватории Ниццы*, т. ii., с. 53.
- [1343] Фени, *Астр. Нач.*, № 2844; Каммерманн, *Там же.*, № 2849.
- [1344] *Опубл. Astr. Рас. Soc.*, том первый, стр. 72.
- [1345] *Ежегодник*, Париж, 1891, стр. 301.
- [1346] *Astr. Nach.*, No. 2,989.
- [1347] *Собрание сочинений*, т. ххv., стр. 564.
- [1348] *Astr. Journ.*, Nos. 205, 231.
- [1349] *Там же.*, № 228, 244, 380.
- [1350] *Обсерватория*, том. хviii., стр. 60, 163 (Деннинг и Линн).
- [1351] *Astr. Нач.*, № 3267; Пламмер, *Знание*, том хix., стр. 156.
- [1352] *Astr. Jour.*, Nos. 333, 338.
- [1353] *Astr. and Astrophy.*, том xi., стр. 387.
- [1354] *Знание*, том хv., стр. 299.

- [1355] *Гарвардские анналы*, том. xxxii., часть ii., стр. 272.
- [1356] *Там же.*, стр. 287.
- [1357] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том vii., стр. 161.
- [1358] Х. К. Уилсон, *Астрофиз.*, том xii., стр. 121.
- [1359] *Обсерватория*, том xvi., стр. 92.
- [1360] Барнард, *Астроф.*, том xii, стр. 180; *Астроф. Jour.*, vol. iii., p. 41.
- [1361] Палиса, *Астр. Нач.*, № 3,147; Деннинг, *Обсерватория*, том xvi., стр. 142.
- [1362] *Фил. Пер.*, том ii, стр. 306.
- [1363] *Продолжение. des Temps*, 1816, p. 213.
- [1364] *Œuvres*, т. vi., стр. 581.
- [1365] *Память. Ломбардо*, т. xii, стр. 164; *Рендиконти*, т. vii, стр. 77, 1874.
- [1366] В. Ферстер, *Поп. Mitth.*, 1879, p. 7; Fabry, *Étude sur la Probabilité des Comètes Hyperboliques*, Marseille, 1893, p. 158.
- [1367] *Мет. R. A. Soc.*, том xxix., стр. 335.
- [1368] *Месяц. Нет.*, том. xxiii., стр. 203.

## ГЛАВА XII

### ЗВЕЗДЫ И ТУМАННОСТИ

То, что наука о химии звезд не только стала возможной, но и уже добилась материального прогресса, несомненно, является одной из самых удивительных особенностей стремительного прогресса знаний, свидетелем которого стал наш век. Обычай никогда не сможет притупить того удивления, с которым мы должны относиться к получению неотразимых лучей, исходящих из источника, лишенного ощутимой величины, на неизмеримом расстоянии, чтобы раскрыть по своим отличительным качествам состав этого источника. Открытие вращающихся двойных звезд убедило нас в том, что великая управляющая сила движения планет и нашего собственного материального существования в равной степени влияет на движение самых далеких солнц в космосе; применение призматического анализа подтвердило присутствие в звездах знакомых материалов, присущих земле, по которой мы ходим, не меньше, чем человеческим телам, созданным из ее пыли и окружающих испарений.

Мы видели, что еще в 1823 году Фраунгофер установил общую причастность звездного света к той особенности, благодаря которой солнечный свет, распространяемый при пропускании через призму, демонстрирует многочисленные поперечные линии, прерывающие темноту. Как только Кирхгоф дал ключ к скрытому значению этих зашифрованных символов, к нему с нетерпением обратились за интерпретацией тусклых свитков, развернутых в спектрах звезд. Донати предпринял во Флоренции в 1860 году первые попытки в этом направлении, но без особого результата из-за несовершенства имеющихся в его распоряжении инструментальных средств. Однако его сравнительная неудача была прелюдией к успеху других. Почти одновременно, в 1862 году, новое направление расследования было начато Хаггинсом близ Лондона, отцом Секки в Риме и Льюисом М. Резерфурдом в Нью-Йорке. Предложенный Фраунгофером метод использования цилиндрической линзы с целью придания второго измерения спектрам звезд был принят всеми и действительно оказался незаменимым. Ибо светящаяся точка, такая как появляющаяся звезда, становится, если смотреть через призму, пестрой линией, которая, пока не будет расширена в полосу с помощью цилиндрической линзы, практически бесполезна для исследовательских целей. Этот процесс *развертывания*, правда, сопряжен со значительной потерей света — скудного и ценного

товара, поскольку он исходит от звезд; но потеря неизбежна. И это настолько полно компенсируется огромной способностью современных телескопов улавливать свет, что теперь важную информацию можно получить при спектроскопическом исследовании звезд, находящихся далеко за пределами досягаемости невооруженного глаза.

Итак, эффективными основателями звездной спектроскопии (поскольку Резерфорд вскоре обратил свои усилия в другую область) были отец Секки, выдающийся астроном-иезуит из Романо-Коллегио, где он умер 26 февраля 1878 года, и сэр Уильям Хаггинс, с которым был связан покойный профессор У. А. Миллер. Работа каждого из них была удачно направлена таким образом, чтобы дополнять работу другого. Используя менее совершенные приборы, римский астроном стремился сделать свои исследования скорее обширными, чем точными; в Талс-Хилл была нацелена и достигнута точность поиска в узком диапазоне. Отцу Секки принадлежит заслуга в проведении первого спектроскопического обзора небес. Он рассмотрел более 4000 звезд и классифицировал их в соответствии с различными свойствами их света. Его временное установление (1863-67) четырех типов звездных спектров[1369] доказало подлинную помощь знаниям благодаря средствам, предоставляемым им для упорядочивания и сравнения быстро накапливающихся фактов. Более того, едва ли можно сомневаться в том, что эти спектральные различия соответствуют заметным различиям в физическом состоянии.

Первый порядок включает более половины видимых и, вероятно, подавляющую долю самых тусклых звезд. Сириус, Вега, Регул, Альтаир входят в число его ведущих представителей. Их спектры отличаются широтой и интенсивностью четырех темных полос, обусловленных поглощением водорода, и крайней бледностью металлических линий, которых, тем не менее, сотни обнаруживаются при тщательном изучении. Свет этих "сирианских" сфер белый или голубоватый; и обнаружено, что он богат ультрафиолетовыми лучами.

Капелла и Арктур принадлежат ко второму, или солнечному, типу звезд, которые примерно на одну шестую меньше представлены, чем первый. Их спектры довольно близко подобны спектру солнечного света, поскольку они пронизаны бесчисленными тонкими темными линиями; и они имеют тот же желтоватый оттенок.

Третий класс включает большинство красных и переменных звезд (обычно являющихся синонимами), известными примерами которых являются Бетельге в плече Ориона и "Мира" в созвездии Кита. Их характерный спектр описывается как "рифленый". Он представляет собой сильно освещенный диапазон из семи или восьми колонн разного цвета, видимых в перспективе, свет падает от красного конца к фиолетовому. Этот *вид* поглощения производится парами металлоидов или сложных веществ.

К звездам четвертого порядка также относится спектр с колоннадами, но *перевернутый*; свет отбрасывается в другую сторону. Три широкие зоны поглощения, которые прерывают его, резко окрашены в красный цвет, незаметно переходя к фиолетовому концу. Особи, составляющие IV класс. их немного и, по-видимому, они незначительны, самые яркие из них не превышают пятой звездной величины. Обычно они отличаются темно-красным оттенком и сверкают, как рубины, в поле зрения телескопа. Отец Секки, который в 1867 году обнаружил особенность их анализируемого света, приписал это присутствию углерода в той или иной форме в их атмосферах; и это было подтверждено исследованиями Х. К. Фогеля, [1370] директора астрофизической обсерватории в Потсдаме. Фактически, полосы углерода, которые ярко видны у комет, темные у этих уникальных объектов — единственных в небе (за исключением одной звезды с яркой линией и редкого метеора) [1371], которые отображают кометную аналогию фундаментального типа, обнаруженную спектроскопом.

Однако представители всех четырех категорий являются подчеркнуто солнцами. По-видимому, они обладают фотосферами, излучающими все виды света, и отличаются друг от друга главным образом различными свойствами своих поглощающих атмосфер. Принцип, согласно которому цвета звезд зависят не от внутренней природы их света, а от видов паров, окружающих их и блокирующих определенные части этого света, был сформулирован Хаггинсом в 1864 году. [1372] Явления двойных звезд, по-видимому, указывают на связь между состоянием окружающих атмосфер, под действием которых создаются их часто ярко контрастирующие оттенки, и их взаимными физическими связями. Табличное утверждение, сделанное профессором Холденом в июне 1880 г., [1373], во всяком случае, прояснило, что неравенство величины между компонентами двойных систем сопровождается различием в цвете, и что звезды, более одинаковые в одном отношении, почти наверняка будут такими и в другом. Кроме того, голубые и

зеленые звезды определенного оттенка никогда не бывают одиночными; они неизменно образуют части систем. Так что эта ассоциация, несомненно, оказывает преобладающее влияние на цвет.

Тем не менее, грубая идея, выдвинутая Зеллером в 1865 году, [1374], что желтые и красные звезды - это просто белые звезды на разных стадиях остывания, получила на время незаслуженное распространение. Д'Аррест, действительно, протестовал против этого, и Ангстрем в 1868 году [1375] заменил атмосферное качество простым цветом [1376] как критерий возраста и температуры. Его примеру последовали Локьер в 1873 году, [1377] и Фогель в 1874 году. [1378] Схема классификации, предложенная потсдамским астрофизиком, отличалась от схемы отца Секки только представлением его третьего и четвертого типов как подразделений того же порядка и введением трех подчиненных категорий; но их разнообразие было "рационализировано" добавлением соблазнительной идеи прогрессивного развития. Таким образом, белые звезды Сириуса были представлены как *самые молодые*, потому что самые горячие в звездном семействе; звезды солнечной системы - как уже израсходовавшие большую часть своего запаса радиации и находящиеся на стадии зрелости; в то время как красные звезды с полосчатым спектром изображались как угасающие солнца, быстро приближающиеся к окончательному исчезновению.

Схема Фогеля, однако, неполная. В ней прослеживается нисходящая кривая распада, но ничего не говорится о медленном восхождении к зрелости. Нынешнее величие Веги, например, было подготовлено, согласно всем творческим аналогиям, почти бесконечными процессами постепенных изменений. Каково было его предшествующее состояние? На этот вопрос давались разные ответы. Доктор Джонстон Стоуни в 1867 году отстаивал сравнительную молодость красных звезд; [1379] А. Риттер из Эксла-Шапель разделил их в 1883 году, [1380] на две эскадрильи, размещенные одна на восходящей, другая на нисходящей ветви температурной кривой и соответствующие, предположительно, звездам третьего и четвертого порядков Секки с полосчатыми спектрами. Должны ли они в промежуточный период отображать спектры сирианского или солнечного типа, зависело от их большей или меньшей массивности. [1381] Но фактически существующее отношение, возможно, инвертирует то, которое предполагал Риттер. Безусловно, свидетельства,



собранные г-ном Маундером в 1891 году, убедительно подтверждают мнение о том, что средняя солнечная звезда является более тяжелым телом, чем средняя звезда Сириуса.  
[1382]

17 ноября 1887 года сэр Норман Локьер представил Королевскому обществу первую из серии статей, отражающих его "Метеоритную гипотезу" о строении космоса, изложенную и поддержанную более широко в отдельной работе с таким названием, опубликованной в 1890 году. Фундаментальное положение, сформулированное в нем, состояло в том, что "все самосветящиеся тела в небесном пространстве состоят либо из скоплений метеоритов, либо из масс метеоритного пара, образующегося под действием тепла".

[1383] На основе этой предполагаемой общности происхождения звездные объекты были распределены по семи группам вдоль температурной кривой, восходящей от туманностей и газообразных звезд или ярких линий через красные звезды третьего типа и более молодую группу солнечных звезд до высокого сирианского уровня; затем спускающейся через более строго солнечные звезды к красным звездам четвертого типа ("углеродные звезды"), ниже которого лежал только *конец света*, озаглавленный "Группа vii". Однако основа этой классификации была ненадежной и дала трещину. Определенные спектроскопические совпадения, заведомо лишь приблизительные, предполагающие, что звезды и туманности всех видов могли образоваться из метеоритов различного состава, не поддающихся проверке точным исследованием. А спектроскопические совпадения не допускают компромиссов. Те, которые являются просто приблизительными, как правило, ничего не значат.

В своей Президентской речи на собрании Британской ассоциации в Кардиффе в 1891 году доктор Хаггинс в основном придерживался линии продвижения, намеченной Фогелем. Незаметность металлических линий в спектрах белых звезд он объяснял не их недостатком, а высокой температурой образующих их паров и, как следствие, недостаточным контрастом между их поглощающими лучами и непрерывным светом фоновой фотосферы. "Такое положение вещей с большей вероятностью, - по его мнению, - было бы обнаружено в условиях, предшествующих солнечной стадии", в то время как "значительное охлаждение солнца, вероятно, привело бы к появлению полосчатых спектров из-за соединений". Он также

упомянул о влиянии на звездные типы различной поверхностной гравитации, которая, являясь функцией как массы, так и объема, неизбежно усиливается при потере тепла и последующей усадке. Те же ведущие идеи были более полно развиты в "Атласе репрезентативных звездных спектров", опубликованном сэром Уильямом и леди Хаггинс в 1899 году. Более того, они были великолепно проиллюстрированы набором оригинальных спектрографических пластинок, а точности принятой классификации добавило разделение гелиевых и водородных звезд. Спектр экзотического вещества, полученного с земли в 1895 году, замечен по поглощению, поскольку Фогель, Локьер и Деландрес быстрораспознали в значительном количестве белых звезд, среди которых Плеяды и большинство ярких звезд Ориона. Мистер Макклин, чье ценное спектрографическое исследование небес было завершено на мысе в 1897 году, нашел основания для вывода, что они находятся на первой стадии развития из газовых туманностей;[\[1384\]](#) и в этом исследователи из Талс-Хилл без колебаний соглашались.

Самое убедительное доказательство примитивного состояния белых звезд заключается в их соотношении с туманностями. Компоненты групп, все еще вовлеченные и опутанные "серебряными косами" космического тумана, демонстрируют, возможно, неизменно, спектры гелиевого типа, иногда пересекаемые яркими лучами. Возможно, все такие звезды прошли стадию ярких линий; но необходимы дополнительные доказательства на этот счет. Относительная плотность является еще одним важным критерием сравнительного возраста, и сирианские звезды в целом, несомненно, более объемны пропорционально своей массе, чем солнечные звезды. Правило, однако, по-видимому, допускает исключения; следовательно, переход от одного вида спектра к другому не обязательно связан с достижением определенной степени уплотнения. Есть основания полагать, что это ожидается в более массивных шарах, несмотря на их сравнительно медленное охлаждение, как следствие большей силы тяжести над покрывающими их парообразными оболочками. Этот вывод подтверждается соотношениями спектров двойных звезд. Тот факт, что в неравных парах главная звезда чаще всего демонстрирует солнечный спектр, а ее компаньон - сирианский, вряд ли можно объяснить иначе, чем признанием того, что, хотя последовательность типов наблюдается в неизменном порядке, на больших шарах она наблюдается гораздо быстрее, чем на маленьких. На самом деле, нет необходимости предполагать, что все звезды идентичны по строению и имеют идентичную историю жизни.[\[1385\]](#) Должны быть

учтены индивидуальные особенности в одном и расхождения в другом. Тем не менее, основная трасса явно непрерывна и ведет незаметными градациями от туманностей через гелиевые звезды к сирианскому типу и далее к солнечному, откуда в результате неизбежного перехода образуются рифленные, или "антарктические", [1386] развиваются спектры.

Первые известные примеры класса газообразных звезд -  $\beta$  Лиры и  $\gamma$  Кассиопеи — были замечены отцом Секки в начале его спектроскопических исследований. На обоих видны *яркие* линии водорода и гелия, так что особенность их состояния, вероятно, заключается в интенсивном воспламенении их хромосферного окружения. Все их излучающие поверхности можно было бы описать как *случайные*. Иными словами, блестящие образования, подобные тем, которые были сфотографированы профессором Хейлом на диске Солнца, [1387] покрывают, возможно, всю область фотосферы, вместо того, чтобы ограничиваться небольшой частью области фотосферы. Но такое положение вещей более или менее непостоянно. По крайней мере, некоторые из ярких лучей, указывающих на это, подвержены временному исчезновению. Уже в 1871-72 годах доктор Фогель [1388] подозревал распространенность таких превратностей; и их реальность была установлена м. Евгением фон Готтардом. После завершения строительства своей новой астрофизической обсерватории в Эрени осенью 1881 года он неоднократно наблюдал спектры обеих звезд, не замечая следов ярких линий; и поэтому был застигнут врасплох, когда 13 августа 1883 года уловил мерцание малинового C в  $\gamma$  Кассиопеи. [1389] Несколько дней спустя весь диапазон, включая D<sub>3</sub>, был блестящим. Должным образом извещенный о повторении явления, которое он сам тщетно искал в течение нескольких лет, м. фон Конколи воспользовался предоставленным в его распоряжение большим венским рефрактором, чтобы 27 августа изучить с его помощью повторно освещенный спектр. [1390] В своем богатстве света C был ослепительным; D<sub>3</sub> и зеленые и синие лучи водорода светились несколько менее ярко; D и группа b были слегка темными; в то время как три широкие полосы поглощения, резко обрывающиеся к красному, рассеянные к фиолетовому, затеняли спектр вблизи его противоположных концов.

Предыдущее отсутствие ярких линий в спектре этой звезды, однако, ни в коем случае не было столь длительным или полным, как предполагал М. фон Готхард. В Дунехте C был "великолепно виден" 20 декабря 1879 г. [1391]; F был ярко виден 28 октября того

же года и часто в Гринвиче в 1880-81 годах. Более того, доктор Коупленд обратил внимание на любопытный факт, что *С гораздо более изменчива, чем F*. Для Фогеля 18 июня 1872 года первое было невидимым, в то время как второе было ярким; в Дунехте 11 января 1887 года условия были настолько противоположными, что С было ярким, а F сравнительно тусклым.

Килер в 1889 году не обнаружил спектральных флуктуаций в  $\gamma$  Кассиопеи; но даже с помощью гигантского телескопа Маунт-Гамильтон луч гелия был полностью невидим.[1392] Тем не менее, той осенью он причудливо появлялся в Южном Кенсингтоне, и снова 21 октября 1894 г.,[1393] в сентябре 1892 года Белопольский не смог обнаружить его следов на ортохроматических пластинках, экспонированных 30-дюймовым рефрактором Пулковой.[1394] Еще более примечательным является то обстоятельство, что хорошо известная зеленая тройка магния (b), зарегистрированная Килером как темная в 1889 году, оказалась яркой на пятидесяти двух спектрографиях звезды, сделанных отцом Сидгровизом в 1891-99 годах.[1395] Никаких колебаний в спектре водорода ими обнаружено не было; но подчиненные линии неизвестного происхождения демонстрировали попеременное затухание и оживление.

Спектр  $\beta$ -Лиры претерпевает переходы, в некоторой степени аналогичные, но требующие другого набора соображений. Впервые замеченная Фон Готхардом в 1882 году,[1396] два года спустя они были не совсем точно определены как имеющие циклический характер.[1397] Это, однако, можно было эффективно определить только с помощью фотографических средств. Бета Лиры - это "короткопериодическая переменная". Его свет меняется с большой регулярностью от  $3 \cdot 4$  до  $4 \cdot 4$  звездной величины каждые двенадцать дней и двадцать два часа, в течение этого времени он достигает двукратного максимума с последующим вторичным минимумом. Таким образом, особый интерес представляет вопрос о том, соответствуют ли изменения спектрального качества, видимые в этом объекте, его изменениям визуальной яркости. Четкий утвердительный ответ был получен миссис Флеминг при изучении гарвардских таблиц спектра звезды, на которых в 1891 году она обнаружила записанные разнообразие сложные изменения ярких и темных линий, очевидно связанные с фазами изменения яркости и подчиняющиеся, в конечном счете, точно одному и тому же периоду.[1398] Сейчас будет сказано еще кое-что относительно важности этого открытия.

К настоящему времени яркие линии водорода были обнаружены — по большей части фотографически в Гарвардском колледже — примерно у шестидесяти звезд, включая Плеону, предположительно потерянную Плеяду, Р Сугни, отмеченную нестабильностью света в семнадцатом веке, и необычную южную переменную,  $\eta$  Кия. В большинстве этих объектов другие яркие лучи связаны с лучами, излучаемыми водородом. Более того, вспышка водорода сопровождается повторяющимися вспышками примерно ста пятидесяти "долгопериодических переменных", дающими полосчатые спектры третьего типа. Профессор Пикеринг обнаружил первый образец этого класса ближе к концу 1886 года на планете земля Кита; дальнейшие обнаружения были сделаны визуально мистером Эспином; и сочетание ярких водородных линий с темными полосами было доказано многолетним опытом миссис Флеминг в изучении фотографий из Гарварда, что безошибочно указывает на изменение блеска звезд, характеризующихся таким образом, в течение нескольких месяцев.

Третья разновидность газообразных звезд названа в честь ММ . Вольф и Райе, открывшие в Париже в 1867 году,[\[1399\]](#) три его типичных представителя, расположенные близко друг к другу в созвездии Лебеда. Еще шесть образцов были обнаружены доктором Коуплендом, пять из них в ходе поездки для исследования визуальных объектов в Андах в 1883 году;[\[1400\]](#) и большое количество стало известно благодаря спектральным фотографиям, сделанным в обоих полушариях под руководством профессора Пикеринга. В конце девятнадцатого века было зарегистрировано более сотни таких объектов, ни один из которых не был ярче шестой звездной величины, за единственным исключением у Аргуса, ослепительный непрерывный спектр которого, впервые исследованный Респики и Локьером в 1871 году, украшен характерными для этого типа желтыми и синими лучами.[\[1401\]](#) Таким образом, здесь мы имеем звездный шар, по-видимому, находящийся в наивысшей точке солнцеподобного накала, обладающий особенностями тел, приближающихся к туманному состоянию. При исследовании приборами достаточной мощности их спектры кажутся очень сложными. Они включают в себя довольно сильный непрерывный элемент, многочисленный набор линий поглощения и ряд линий излучения, более или менее полностью представленных у разных звезд. Особенно бросается в глаза широкое излучение лазурного света, обнаруженное доктором Фогелем в 1883 году,[\[1402\]](#) и сэром Уильямом и леди Хаггинс в 1890 году,[\[1403\]](#) иметь множественную структуру и, следовательно, различаться по способу отображения. Предполагаемая идентификация его с синим карбонным

рифлением была опровергнута в Tulse Hill. Пары металлов не дают определенного признака их присутствия в атмосферах этих замечательных тел; но утверждается, что в некоторых из них светятся туманности.[1404] Водород и гелий составляют значительную долю их спектральных лучей. Тридцать две звезды Вольфа-Райе были исследованы спектроскопически и спектрографически профессором Кэмпбеллом с помощью рефрактора грейт-Лик в 1892-94 годах;[1405] и некоторые из них раскрыли особенность, уже замеченную им в  $\gamma$  ArgûS, при выделении смешанных серий, элементы которых меняются с ярких на неясные с увеличением преломляемости. Трудно представить, с помощью какого хромосферного механизма может быть получен этот любопытный результат. Алцион в Плеядах обладает той же характеристикой. Единственная среди водородных линий, малиновая C светится в своем спектре, в то время как все остальные темные. Яркость типа Вольфа-Райе особенно постоянна как по количеству, так и по качеству. Кажется, что она способна развиваться только в галактических условиях. Все отмеченные ею звезды лежат вблизи центральной линии Млечного Пути, или в Магеллановых облаках. Они также имеют тенденцию собираться в группы. Круги радиусом в четыре градуса включают соответственно семь на Арго и восемь на Лебеде.

Первый спектроскопический звездный каталог был опубликован доктором Фогелем в Потсдаме в 1883 году.[1406] В него вошла 4051 звезда, распределенная по зоне небес, простирающейся от 20 ° северной широты до 20 ° южной широты небесного экватора. [1407] Более половины из них были белыми звездами, в то время как красные звезды с полосчатыми спектрами встречались в пропорции примерно одной тринадцатой от общего числа. Последнему роду М. Дюнер, тогда из Лунда, а ныне директор Упсальской обсерватории, посвятил авторитетную работу, изданную в Стокгольме в 1884 году. Это был каталог с описательными данными 352 звезд с полосчатыми спектрами, 297 из которых относятся к третьему классу Секки, 55 - к его четвертому классу (Vogel's iii. a и iii. b). С тех пор открытия продвигались так быстро, сначала благодаря телескопическим обзорам мистера Эспина, затем в ходе фотографической съемки, проведенной в Гарвардском колледже, что в настоящее время более тысячи звезд признаны принадлежащими к семейству Бетельге и Мира, в то время как около 250 на данный момент демонстрируют спектральную структуру 19 Рыб. Один факт, хорошо установленный в отношении обоих видов, - это

неизменность типа. Призматические выпуклости одного из них и более широкие зоны другого как бы стереотипны — в своих основных очертаниях они не претерпевают никаких изменений, хотя и различаются по относительной интенсивности от звезды к звезде. Они всегда сопровождаются спектром темных линий или накладываются на него, в создании которых очевидна доля натрия и железа; и определенные яркие лучи, замеченные Секки с помощью несовершенных приборов как усиливающие эффекты светотени в углеродных звездах, попали на пластины, открытые Хейлом и Эллерманом в 1898 году с помощью звездного спектрографа Йеркской обсерватории.[1408] Их подлинность была вскоре визуальным подтверждена Килером, Кэмпбеллом и Дюнером;[1409] но для них не было найдено химической интерпретации.

Довольно полный предварительный ответ на вопрос, из чего состоят звезды? был дан сэром Уильямом Хаггинсом в 1864 году. [1410] С помощью трудоемких процессов сравнения темных линий звезд и ярких лучей, испускаемых земными веществами, он стремился подтвердить свои выводы, невзирая на затраты времени и усилий. Он действительно утверждал, что — принимая во внимание погодные ограничения и местоположение — тщательное исследование спектра *единственной* звезды займет несколько лет. Однако из двух — из Бетельге и Альдебарана — он смог предоставить подробные и точные чертежи. Темные колебания в призматическом свете первой из этих звезд не были идентифицированы с поглощением какого-либо конкретного вещества; но с ними связаны металлические линии, 78 из которых были измерены, и значительное количество идентифицировано Хаггинсом, в то время как длины волн 97 были определены Фогелем в 1871 году.[1411] Фотографическое исследование, проведенное Килером в обсерватории Аллегани в 1897 году, убедило его в том, что линейный спектр звезд третьего типа схемы Бетельге по существу повторяет спектр солнца, но с заметными различиями в сравнительной силе его компонентов. [1412] Незаметно присутствуют лучи водорода. О том, что царит высокая температура, по крайней мере в нижних слоях атмосферы, свидетельствует испарение там вещества, столь невосприимчивого к нагреванию, как железо.[1413]

Девять элементов — среди них железо, натрий, кальций и магний — были признаны Хаггинсом как имеющие свою подпись в спектре Альдебарана; в то время как существование на Сириусе и почти на всех других исследованных звездах водорода вместе с различными металлами было признано несомненным или весьма



вероятным. Было признано, что это голый перебор результатов; нет также оснований предполагать, что кто-либо из его сородичей уступает нашему солнцу по сложности строения. Определенные знания по этому предмету, однако, не продвинулись далеко за пределы того уровня, к которому их привели ранние эксперименты Хаггинса, пока спектроскопическая фотография не стала полностью эффективным средством исследования.

В этом, как и во многих других направлениях, сэр Уильям Хаггинс выступил первопроходцем. В марте 1863 года он получил микроскопические снимки спектров Сириуса и Капеллы.<sup>[1414]</sup> Но они ничего не сказали. В них не было видно никаких линий. Это были просто бесхарактерные полосы света. Девять лет спустя доктор Генри Дрейпер из Нью-Йорка получил впечатление о четырех линиях в спектре Веги. Затем Хаггинс снова обратился к этой теме в 1876 году, когда в его распоряжение попало 18-дюймовое зеркало Королевского общества, в котором использовались призмы из исландского шпата и линзы из горного хрусталя; и на этот раз с большим успехом. На фотографии спектра Веги были видны семь сильных линий.<sup>[1415]</sup> Тем не менее, он не был удовлетворен. Он ждал и работал еще три года. Наконец, 18 декабря 1879 года он смог сообщить Королевскому обществу<sup>[1416]</sup> результаты, соответствующие его ожиданиям. Деликатность глаз и рук, необходимая для их получения, может быть оценена по одному тому факту, что изображение звезды приходилось сохранять путем постоянных мельчайших корректировок точно спроецированным на щель шириной  $1/350$  дюйма в течение почти часа, чтобы дать ему время запечатлеть характеры анализируемого света на желатиновой пластинке, поднятой на самый высокий уровень чувствительности. Но к этому времени он обрел в лице своей жены редко квалифицированную помощницу.

Таким образом, было показано, что ультрафиолетовый спектр белых звезд— за тип которых была взята Вега, очень примечателен. Его пересекала группа широких темных линий, расположенных с интервалами, равномерно уменьшающимися кверху и переходящими в ритмичную последовательность с видимыми линиями водорода. Предположительно, все они принадлежали к одному и тому же веществу; и это предположение было подтверждено прямыми фотографиями спектра водорода, сделанными Х. В. Фогелем в Берлине несколькими месяцами ранее.<sup>[1417]</sup> На них были видны семь сгруппированных линий в виде белых звездочек; и полный набор из двенадцати появился на пластинках Корну в 1886 году.<sup>[1418]</sup>



У желтых звезд, таких как Капелла и Арктур, тот же самый ритмический ряд был *частично* представлен, но связан с большим количеством других линий; их состояние в отношении поглощения ультрафиолетового излучения приближалось к состоянию солнца; в то время как у более красных звезд наблюдался настолько заметный дефицит актинических лучей, что от Бетельге с экспозицией, в *сорок раз* превышающей экспозицию Сириуса, можно было получить лишь слабое спектральное изображение, а от Альдебарана, в строго невидимой области, почти никакого.

Таким образом, с помощью анализа звездного свечения было впервые проведено знакомство с ультрафиолетовым спектром водорода;<sup>[1419]</sup> и его гармонический характер, выраженный "Законом Бальмера", обеспечивает надежный тест для различения среди недавно обнаруженных линий тех, которые относятся к нему, от тех, которые с ним не связаны. Например, было сразу замечено, что пять дополнительных лучей Деландреса являются частью серии, поскольку соответствуют ее законам;<sup>[1420]</sup> в то время как группа из шести темных полос, сфотографированных сэром Уильямом и леди Хаггинс, 4 апреля 1890 г.,<sup>[1421]</sup> вблизи крайнего верхнего конца спектра Сириуса были без колебаний объявлены, по противоположной причине, не имеющими ничего общего с водородом. Их истинное сходство все еще требует изучения.

Однако что касается спектра водорода, то у звезд имелась в запасе дополнительная информация. До недавнего времени предполагалось, что он состоит из одного гармонического ряда, хотя, по аналогии, должны сосуществовать три. Соответственно, в 1896 году вторая, связанная с первой безошибочными числовыми соотношениями, была распознана профессором Пикерингом на спектрографах звезды  $\zeta$  Puppis 2.5 звездной величины.<sup>[1422]</sup> и идентификация вскоре после этого была расширена до заметных эмиссионных линий Вольфа-Райе. Открытие было завершено указанием доктора Ридберга на синюю полосу Вольфа-Райе при  $\lambda$  4688 как фундаментальный элемент третьего и основного ряда водородных соединений.<sup>[1423]</sup> Ни одна из "линий Пикеринга" (как их можно назвать, чтобы отличать их от "серии Хаггинса") не может мерцать в вакуумных трубках. Они, по-видимому, характеризуют тела в примитивном состоянии.<sup>[1424]</sup> и во многих случаях связаны с поглощающими лучами кислорода, идентификация которых была проведена г-ном Макклином в 1897 году<sup>[1425]</sup> было полностью подтверждено сэром Дэвидом Гиллом.<sup>[1426]</sup> Типичной "кислородной звездой" является  $\beta$  Креста, один

из бриллиантов Южного Креста; но отличительные черты его спектра встречаются у многих образцов гелиевого класса. Так, сэр Уильям и леди Хаггинс сфотографировали несколько ультрафиолетовых линий кислорода в  $\beta$ -Лири,[1427] и обнаружили в Ригеле признаки присутствия азота,[1428] который, как и кремний, оказывается довольно частым компонентом таких шаров.[1429] По какой-то неизвестной причине металлоиды имеют тенденцию стираться, поскольку металлы в нормальном процессе звездного развития оказывают все более заметное действие.

Спектрографические исследования доктора Шайнера в Потсдаме в 1890 году и последующие годы иллюстрируют огромные преимущества саморегистрации. В ограниченном участке спектра Капеллы ему удалось определить почти триста линий с большей точностью, чем тогда было достигнуто при измерении земных спектров. Эта звезда оказалась практически идентичной солнцу по физическому строению, хотя, согласно наилучшим имеющимся данным, она излучает примерно в 140 раз больше света и, следовательно, предположительно в 1600 раз больше по объему. Столь же тщательное изучение спектра Бетельге показало преобладание в нем линейного поглощения железа;[1430] но его характерные колебания не распространяются на фотографическую область. По этой причине спектры второго и третьего порядков нелегко различить на чувствительной пластинке.

Спектрографическое исследование всех ярких северных звезд было начато в 1886 году в обсерватории Гарвардского колледжа в форме мемориала доктору Х. Дрейперу, чья многообещающая работа в этой области была прекращена его преждевременной смертью в 1882 году. Однако никакие индивидуальные усилия не смогли бы реализовать и десятой доли того, что было достигнуто под умелым руководством профессора Пикеринга с помощью the Draper и других инструментов, дополненных щедрым предоставлением средств миссис Дрейпер. Была принята новая система, или, скорее, была возрождена старая, первоначально использовавшаяся Фраунгофером.[1431] От использования щели отказались как от необходимости для объектов, подобных звездам, лишенных ощутимых размеров и дающих, следовательно, *естественно* чистый спектр; а большая призма, помещенная перед объективом, анализировала сразу, с небольшой потерей света, лучи всех звезд в поле зрения. Их спектры снимались, так сказать, оптом. Иногда до двухсот звезд вплоть до восьмой величины печатались на одной пластинке с единственной экспозицией. Цилиндрическая линза не

использовалась. Движение самих звезд было изменено таким образом, чтобы обеспечить желаемую ширину их спектров. Звезде позволили — отключив или соответствующим образом отрегулировав часы — медленно перемещаться по линии собственного рассеянного света, постепенно расширяя ее в полосу. Таким образом были достигнуты отличные результаты. В сфотографированном спектре Альдебарана появляется около пятидесяти линий, а в спектре Веги - восемь. 26 января 1886 года при тридцатичетырехминутной экспозиции было получено одновременное изображение спектров (среди многих других) почти сорока Плеяд. За немногими и сомнительными исключениями оказалось, что все они принадлежат к одному типу. Таким образом, был представлен дополнительный аргумент в пользу общего происхождения звезд, образующих эту красивую группу.[1432]

"Каталог звездных спектров Дрейпера" был опубликован в 1890 году.[1433] В нем приведены результаты экспресс-аналитического обзора небес к северу от  $25^\circ$  южного склонения и включает 10 351 звезду примерно восьмой величины. Используемый телескоп имел диафрагму восемь дюймов и фокус сорок пять, его поле зрения — благодаря приданной ему "портретной линзе" или "дублетной" форме - охватывало с хорошей четкостью не менее ста квадратных градусов. Была прикреплена объективная призма площадью восемь квадратных дюймов, и на самые чувствительные пластины, которые только можно было достать, была сделана экспозиция продолжительностью в несколько минут. Таким образом, небо покрывалось дважды, причем каждая звезда появлялась, как правило, на четырех пластинах. Регистрацию их спектров стремились сделать более отчетливой, чем это делалось ранее, причем первый тип Секки был разделен на четыре, второй - на пять подразделений; но различия, рассматриваемые в них, могли быть с уверенностью установлены только для звезд выше шестой звездной величины. Эта работа предоставляет не менее ценные материалы для общих выводов относительно распределения и взаимосвязей спектральных типов. Работу по его фактической подготовке взял на себя штат дам под руководством миссис Флеминг. Материалы для завершения исследования южного полюса были собраны с помощью идентичного инструмента, используемого в Кембридже, который был передан для этой цели в 1889 году Перу, и предстоящий "Второй каталог Дрейпера" будет включать 30 000 звезд в обоих полушариях. В качестве дополнений к этому великому предприятию в 1897 и 1901 годах были опубликованы два важных подробных описания звездных спектров соответственно.[1434]

Первая, написанная мисс А. К. Мори, касалась 681 яркой звезды, видимой в северном полушарии; вторая, написанная мисс А. Дж. Кэннон, - 1122 южных звезды. Оба автора тщательно и умело проследили мельчайшие градации, с помощью которых, по-видимому, завершается длительный процесс звездной эволюции.

Прогресс в исследованиях Мемориала Дрейпера был отмечен открытиями беспрецедентного рода.

Принцип, по которому "движение в зоне прямой видимости" может быть обнаружено и измерено с помощью спектроскопа, уже был объяснен.<sup>[1435]</sup> Как помнят наши читатели, это зависит от удаления определенных линий, темных или ярких (не важно, каких именно), от их обычных мест почти на бесконечно малую величину. Фактически, весь спектр движущегося объекта очень слегка *смещен* в ту или иную сторону, в зависимости от того, приближается он к глазу или удаляется от него; но для удобства измерения обычно выделяют одну линию из остальных и концентрируют на ней внимание. Однако применение этого метода к звездам сопряжено с трудностями. Необходим спектроскоп с высокой дисперсией, чтобы показать смещения линий рассматриваемого мельчайшего порядка; а сильная дисперсия предполагает строго пропорциональное ослабление света. Это, когда запасы и без того прискорбно скудны, трудно себе позволить; по этой причине операция определения приближения или удаления звезды, даже если не учитывать атмосферные препятствия, является чрезвычайно деликатной.

Впервые она была исполнена сэром Уильямом Хаггинсом в начале 1868 года.<sup>[1436]</sup> Выбрав самую яркую звезду на небе в качестве наиболее многообещающего объекта эксперимента, он посчитал, что линия F в спектре Сириуса смещена в красную сторону ровно настолько, чтобы указывать (за вычетом орбитального движения Земли) на спад со скоростью двадцать девять миль в секунду; и реальность и направление движения были подтверждены наблюдениями Фогеля и Лозе. , 22 марта 1871 года, аналогичного, но еще более значительного водоизмещения.<sup>[1437]</sup> Исследование было возобновлено Хаггинсом с улучшенной аппаратурой в следующем году, когда были приблизительно определены скорости тридцати звезд.<sup>[1438]</sup> Было объявлено, что отступление Сириуса, которое оказалось медленнее, чем предполагалось вначале, со скоростью от двенадцати до двадцати девяти миль разделяют Бетельге, Ригель, Кастор, Регул и пять главных звезд в созвездии Плуг. Арктур, напротив, подавал признаки быстрого приближения, так

же как Поллукс, Вега, Денеб в Лебеде и яркость Указателей.

Численно, действительно, эти результаты были сопряжены с неопределенностью. Таким образом, теперь полностью установлено, что Арктур движется к Солнцу со сравнительно медленной скоростью - менее пяти миль в секунду; а Сириус движется в том же направлении вдвое быстрее. Огромная трудность измерения такой растянутой линии, как сирийская буква F, действительно может быть причиной некоторых очевидных аномалий. Однако цель достижения сэра Уильяма Хаггинса заключалась не в предоставлении окончательных данных, а в том, чтобы установить, насколько это практически возможно, метод их получения. В этом он полностью преуспел, и его успех имел неисчислимо значение. Можно с уверенностью ожидать, что спектроскопические исследования движений звезд сыграют ведущую роль в разгадке обширных и сложных взаимосвязей, которые мы можем смутно обнаружить как преобладающие среди бесчисленных сфер звездного мира; поскольку они дополняют имеющиеся у нас средства измерения перемещений путем прямого наблюдения поперек линии визирования и, таким образом, дополняют наши знания о курсах и скоростях звезд на установленных расстояниях, одновременно предоставляя ценный показатель степени перспективного ракурса видимого движения. Таким образом, в конце концов можно получить некоторое, пусть и несовершенное, знание о вращении звезд — о системах, которые они образуют, о путях, по которым они соответственно движутся, и о силах, под воздействием которых они движутся.

Применимость метода для определения орбитальных движений двойных звезд была отмечена Фоксом Тэлботом в 1871 году; [1439] но его использование для их открытия проявилось само собой благодаря фотографиям Гарвардского колледжа. На "спектрограммах" Большой Медведицы (Mizar), сделанных в 1887 году и снова в 1889 году, линия K была двойной; в то время как на других снимках она казалась одиночной. Тщательное изучение мисс А. К. Мори серии из семидесяти снимков указало на период удвоения в пятьдесят два дня и показало, что это влияет на все линии спектра. [1440] Единственным доступным и, без сомнения, верным объяснением этого явления было то, что две похожие и почти равные звезды здесь объединены в одну телескопически неделимую; их объединенный свет дает одинарный или двойной спектр, в зависимости от того, направлены ли их орбитальные скорости поперек или вдоль линии нашего обзора. Движения вращающейся пары звезд всегда должны быть

противоположными по смыслу и пропорционально равными по величине. То есть они всегда движутся со скоростями, обратно пропорциональными их массам. Следовательно, если плоскость их орбит не перпендикулярна плоскости, проходящей через глаз, должны быть две противоположные точки, где их скорости на линии визирования достигают максимума, и две диаметрально противоположные точки, где они касаются нуля. Таким образом, линии в их общем спектре будут попеременно казаться двойными и одинарными дважды в ходе каждого оборота. Что касается проекта "Мицар", для завершения которого сначала предполагалось, что потребуется 104 дня, то в конце концов Фогель назначил срок всего в двадцать дней и четырнадцать часов.[1441] Аномальные спектральные эффекты, вероятно, из-за очень значительного эксцентриситета орбиты, долгое время препятствовали ее удовлетворительному определению. Среднее расстояние между составляющими звездами, как теперь установлено, составляет всего двадцать два миллиона миль, а их общая масса вчетверо превышает массу Солнца. Но это минимальные оценки. Ибо, если плоскость орбиты будет сильно или мало наклонена к линии визирования, размеры и масса системы должны быть пропорционально увеличены.

Аналогичное открытие было сделано мисс Мори в 1889 году. Но в спектре  $\beta$  Aurigae линии открываются и закрываются поочередно в разные дни, указывая на относительную орбиту[1442] с радиусом менее восьми миллионов миль, пройденным примерно за четыре дня. Это подразумевает скорость движения каждой звезды в шестьдесят пять миль в секунду и совокупную массу, в 4-7 раз превышающую массу Солнца. Компоненты приблизительно равны как по массе, так и по свету,[1443] и образованная ими система движется к нам со скоростью около шестнадцати миль в секунду. Смещения линий, столь необычайно коммуникативные, происходят на этой звезде с совершенной регулярностью.

Этот новый класс "спектроскопических двойных устройств" никогда не мог быть раскрыт визуально. Расстояние  $\beta$  Возничего от земли, определенное, хотя и с некоторыми сомнениями, профессором Притчардом, почти в три с третью миллиона раз больше расстояния Земли от Солнца (параллакс =  $0.06''$ ); отсюда было вычислено, что наибольшее угловое расстояние между вращающимися звездами составляет всего пятитысячные доли угловой секунды.[1444] Чтобы сделать заметным этот мимолетный интервал, потребовался бы телескоп с апертурой восемьдесят футов.

Зодиакальная звезда Спика ( $\alpha$  Virginis) была объявлена доктором Фогелем 24 апреля 1890 г.,<sup>[1445]</sup> принадлежащей к категории новых, с той разницей, однако, что она обладает почти темным, а не ослепительно блестящим спутником. В этом случае, соответственно, контрольные спектроскопические вариации состоят всего лишь в легком колебании отдельных линий взад и вперед. Никакой второй спектр не оставляет четкого следа на пластинке. Спика совершает оборот за четыре дня со скоростью пятьдесят семь миль в секунду,<sup>[1446]</sup> или быстрее, пропорционально тому, насколько его орбита более наклонена к линии прямой видимости, вокруг центра на минимальном расстоянии в три миллиона миль. Но поскольку положение второй звезды неизвестно, масса системы остается неопределенной. Меньший компонент великолепной, медленно вращающейся двойной системы, Кастор, также почти двойной. Его спектральные линии были обнаружены Белопольским в 1896 году<sup>[1447]</sup>, которые колеблются один раз почти в три дня, при этом вторичный шар, по-видимому, довольно неясен. Дальнейшее изучение движений, обнаруженных таким образом, выявило тот факт, что большая ось пройденного затмения совершает оборот за период в 2100 дней, что, скорее всего, является следствием уплощенной формы звезд.<sup>[1448]</sup> Еще более неожиданным было одновременное присвоение Кэмпбеллом и Ньюоллом двойного символа Capella.<sup>[1449]</sup> Здесь оба компонента сияют, хотя и с разным качеством света, один дает чистый солнечный спектр, другой заявляет о призматическом родстве с Проционом. Их взаимный оборот совершается за 104 дня, а радиус их орбиты не может быть меньше, а может быть и намного больше, чем 51 000 000 миль. Следовательно, не исключена возможность, что звезда— которая имеет подлинный параллакс  $0 \cdot 08''$ , может быть визуально разрешена. Действительно, признаки "удлинения", как считалось, были заметны с помощью 28-дюймового рефрактора по Гринвичу,<sup>[1450]</sup> в то время как на снимке можно было увидеть только круглые изображения.<sup>[1451]</sup> Другим заслуживающим внимания случаем является случай с Polaris, у которого, как обнаружил Кэмпбелл, определенно был один и, вероятно, два неизвестных помощника.<sup>[1452]</sup> Благодаря его систематическим исследованиям лучевых скоростей звезд с помощью спектрографа Миллса знания в этом отделе с 1897 года развивались так быстро, что известных нам спектроскопических двойных систем уже насчитывается полсотни, и в десять раз больше, несомненно, находится в пределах легкой досягаемости обнаружения.



Теперь очевидно, что спектроскопическая двойная звезда, если плоскость ее движения составляет очень малый угол с линией визирования, была бы переменной звездой. Ибо в течение нескольких часов каждого оборота по крайней мере часть его света должна быть перекрыта прохождением его темного спутника. Такие "звезды-затмения" действительно встречаются на небесах.

Лучшим и старейшим участником группы является Алгол в "Голове Медузы", "звезде-демоне" арабов.[1453] Этот замечательный объект, обычно выше третьей звездной величины, теряет и вновь приобретает три пятых своего света один раз в 68·8 часов, причем изменение завершается примерно через двенадцать часов. Ее определенный и ограниченный характер и регулярное повторение подсказали Гудрику Йоркскому, которым периодичность звезды была открыта в 1783 году,[1454] о появлении большого темного спутника. Но условия, связанные с этим объяснением, впервые были серьезно исследованы Пикерингом в 1880 году.[1455] Он обнаружил, что явления могут быть удовлетворительно объяснены, предположив, что неясное тело диаметром 0·764 яркой звезды обращается вокруг нее с периодом, идентичным периоду ее наблюдаемого изменения. Этот теоретический прогноз был подтвержден с исключительной точностью в Потсдаме в 1889 году.[1456] Серия спектральных фотографий, сделанных там, показала, что каждому из минимумов Алгола предшествовало быстрое удаление от Земли, за которым следовало быстрое приближение к ней. Соответственно, они происходят, когда звезда находится в самой удаленной от нас точке орбиты, описываемой вокруг невидимого компаньона, прохождение которого по ее диску выдает себя замеченными вызванными им световыми перипетиями. Диаметр этой орбиты, проходимой со скоростью двадцать шесть миль в секунду, составляет всего 2 000 000 миль; и из продолжительности и протяженности демонстрируемых фаз легко сделать следующий вывод, что сам Алгол должен составлять (в круглых цифрах) миллион, а сопутствующий ему диаметр - 830 000 миль. Предположив, что оба имеют одинаковую плотность, Фогель обнаружил, что их соответствующие массы составляют четыре девятых и две девятых массы Солнца, а расстояние между ними составляет 3 230 000 миль.

Эта необычно подобранная пара звезд, возможно, является частью более крупной системы. Их период обращения сейчас короче на шесть секунд, чем это было во времена Гудрика; и доктор Чандлер путем исчерпывающего обсуждения показал, что



его неравенство укладывается в цикл продолжительностью около 130 лет.[1457] Они возникают, по его мнению, в результате общего обращения в тот период близкой пары вокруг третьего удаленного тела, излучающего мало света или вообще не излучающего его, по орбите, наклоненной на  $20^\circ$  к нашей линии зрения, и примерно такого размера, какой описывает Уран вокруг Солнца. Время, затрачиваемое светом на пересечение этой орбиты, вызывает очевидную задержку в фазах переменной, когда Алгол и его затменный спутник находятся по другую сторону от нас, уравниваемые ускорением, пока они пересекают ее ближнюю сторону. Доктор Чандлер находит подтверждение своей правдоподобной и остроумной теории в предполагаемой волнистости линии, очерченной небольшим собственным движением Алгола; но реальность этого нарушения еще предстоит установить.[1458] Между тем, М. Тиссеран,[1459] покойный директор Парижской обсерватории, предпочел объяснить неравенства Алгола по принципу, позже примененному Белопольским к неравенствам Кастора. Иными словами, он предположил вращающуюся линию апсид по эллиптической орбите, пересекаемой довольно сильно сжатой парой шаров. Истинность этой гипотезы можно проверить, внимательно наблюдая за фазами звезды в течение следующих нескольких лет.

Переменная в Голове Медузы является примером класса, включающего 26 признанных представителей, все из которых, несомненно, представляют собой закрывающие друг друга комбинации звезд. Но их затенение является результатом просто случайности прохождения плоскостей их орбит через линию нашего зрения; следовательно, небеса должны содержать многочисленные системы аналогичного устройства, хотя иначе расположенные по отношению к нам, некоторые из которых, как *Spica Virginis*, станут известны благодаря своим спектроскопическим изменениям, в то время как другие, поскольку вращаются в плоскостях, почти касательных к сфере, или под прямым углом к линии зрения, могут никогда не раскрыть нам свою истинную природу. К числу затменных звезд, вероятно, следует отнести особые переменные,  $\beta$  Lyr и V Puppis, каждая из которых, как полагают, состоит из пары ярких звезд, вращающихся почти соприкасаясь.[1460] С другой стороны, Белопольским было доказано, что три звезды, отличающиеся быстрыми и регулярными колебаниями, сопровождаются не затемняющими их спутниками, которые, тем не менее, обращаются с одинаковыми периодами изменения освещенности.

"Каталог известных переменных" Гора[1461] в 1884 году включал 190 записей, и при пересмотре в 1888 году их число было увеличено до 243.[1462] Первый список Чандлера из 225 таких объектов,[1463], опубликованный примерно в то же время, получал последовательные расширения в 1893 и 1896 годах, [1464] и, наконец, включил 400 записей. Новый "Каталог переменных звезд", еще более широкий по объему, вскоре будет выпущен немецким *международным астрономическим обществом*. Исследования г-на А. В. Робертса по южным переменным[1465] значительно помогли придать точность, одновременно расширяя объем знаний в этой области. Доктор Гулд придерживался мнения, что большинство звезд слегка изменяют яркость из-за изменений поверхности, аналогичных солнечным, но в большем масштабе; и аналогию с солнцем можно было бы провести несколько дальше. Возможно, это дает ключ ко многому, что вызывает недоумение в поведении звезд. Вольф указал в 1852 году на поразительное сходство по характеру между кривыми, представляющими частоту появления солнечных пятен, и кривыми, представляющими изменение интенсивности свечения многих переменных звезд. Был тот же крутой подъем к максимуму и более постепенное снижение к минимуму, те же неровности высот и впадин, и, можно добавить, та же тенденция к двойному максимуму и сложность наложенных друг на друга периодов.[1466] Невозможно сравнить два набора явлений, графически изображенных таким образом, не придя к выводу, что они имеют тесно связанное происхождение. Но указанное соответствие не находится, как часто поспешно предполагалось, между максимумами солнечных пятен и минимумами звездной яркости, а как раз наоборот. Вспышки света, а не затемнения переменных звезд, подчиняются закону, аналогичному тому, который управляет образованием пятен на солнце. Объекты такого рода, таким образом, получают свет не за счет закрытия темных провалов в своих фотосферах, а за счет фактического увеличения яркости поверхности вместе с огромным ростом этих блестящих образований - протуберанцев и факул, — которые на солнце сопровождают пятна или присоединяются к ним. Сравнение кривых блеска с кривыми точечной частоты не оставляет сомнений в этом пункте, и наиболее убедительным подтверждением является появление ярких линий в спектрах долгопериодических переменных, возрастающих до их повторяющихся максимумов.

Каждый вид и степень изменчивости проиллюстрированы на небесах. В нижней части весов расположены звезды, подобные солнцу, блеск которых — проверенный нашими

инструментальными средствами — достаточно ровный. На другом полюсе находятся поразительные явления "новых", или "временных", звезд. За последние тридцать шесть лет явились одиннадцать из этих звездных гостей (как их называют китайцы), и мы встречаемся с двенадцатым не далее как 27 апреля 1848 года. Но о "новой звезде" в созвездии Змееносца, обнаруженной мистером Хиндом в ту ночь, удалось узнать немногим больше, чем о блестящих объектах того же типа, наблюдавшихся Тихо и Кеплером. Спектроскоп тогда еще не был изобретен. Давайте послушаем, что он рассказал о более поздних разработках.

Примерно за тридцать минут до полуночи 12 мая 1866 года мистер Джон Бирмингем из Миллбрука, недалеко от Туама, в Ирландии, с удивлением увидел яркую звезду второй величины, незнакомо расположенную в созвездии Северной Короны. Четырьмя часами ранее Шмидт из Афин наблюдал за той же частью неба и смог засвидетельствовать, что там его не было видно. Иными словами, нескольких часов или, возможно, нескольких минут было достаточно, чтобы вызвать пожар, известию о котором, возможно, потребовались сотни лет, чтобы добраться до нас через космос. Лучи, которые были ее вестниками, попавшие в щель спектроскопа сэра Уильяма Хаггинса 16 мая, оказались по составу, весьма значимому для природы катастрофы. Звезда— которая уже опустилась ниже третьей звездной величины, демонстрировала то, что было описано как двойной спектр. К темным взмахам третьего типа Секки добавились четыре ярких луча.<sup>[1467]</sup> Основная из них совпадала по положению с линиями водорода; таким образом, было сделано заключение, что непосредственной причиной вспышки было извержение, или воспламенение, огромных масс этого тонкого вида материи, универсальное значение которой во всем космосе является одним из самых любопытных фактов, выявленных спектроскопом.

Корона (так называли новую звезду) быстро утратила свой первоначальный блеск. Через девять дней после своего открытия она снова стала невидимой невооруженным глазом. Сейчас это бледно-желтая, слегка переменная звезда, близкая к десятой звездной величине, и как таковая она находится на картах Аргеландера.<sup>[1468]</sup> Таким образом, он был малоизвестен до того, как совершил внезапный скачок к дурной славе.

Следующий "временный", открытый доктором Шмидтом в Афинах 24 ноября 1876 года, не мог претендовать на прежнее признание даже в этом скромном звании. Это был строго вымышленный

объект. Не было никаких записей о его существовании, пока он не появился как звезда почти третьей величины в созвездии Лебедя. Его спектр был исследован 2 декабря Корню в Париже,<sup>[1469]</sup> и несколькими днями позже Фогелем и О. Лозе в Потсдаме.<sup>[1470]</sup> Оказалось, что она имеет характер, близкий к характеру Т Соропæ. Ряд ярких линий, в том числе линий водорода и, вероятно, гелия, выделялся на сплошном фоне, пораженном сильным поглощением. Можно предположить, что в действительности газообразные вещества, которые своим внезапным воспламенением вызвали кажущийся пожар, находились сравнительно недалеко от поверхности звезды, в то время как экран из более холодных материалов, перехватывающий большую часть ее света, находился на значительной высоте в ее атмосфере.

Объект, тем временем, неуклонно исчезал. К концу года его величина была не более седьмой. После второй недели марта 1877 года усиление сумерек в сочетании с ослаблением их яркости помешали дальнейшему наблюдению. Оно было возобновлено 2 сентября в Дунехте со странным результатом. Было замечено, что практически весь ее скудный свет (к тому времени она опустилась ниже десятой звездной величины) был собран в единую яркую линию зеленого цвета, и это наиболее характерная линия для газовых туманностей.<sup>[1471]</sup> Фактически, что касается внешнего вида, звезда превратилась в планетарную туманность, многие из которых настолько малы, что их можно отличить от маленьких звезд только по качеству их излучения. Сейчас, снизившись примерно до четырнадцатой звездной величины,<sup>[1472]</sup> полностью недоступна для спектроскопического исследования.

Возможно, ни одно из замечательных изменений, произошедших на небесах, не дало более существенного намека на их устройство, чем звездное пламя, вспыхнувшее в сердце большой туманности Андромеды за неопределенное количество лет или столетий до того, как его лучи достигли земли в августе месяце 1885 года. Первое опубликованное открытие было сделано доктором Хартвигом в Дерпте 31 августа; но было обнаружено, что оно уже было замечено 19-го числа мистером Исааком У. Уордом из Белфаста, а 17-го - м. Людовиком Галли из Руана. *Отрицательные* наблюдения, сделанные 16-го числа Темпелем<sup>[1473]</sup> и Максом Вольфом, очень узко ограничивали эпоху появления. Тем не менее, он, как и большинство временных объектов, не сразу достиг своей максимальной яркости. Когда его впервые обнаружили, оно относилось к девятой звездной

величине, к 1 сентября оно поднялось до седьмой, с которой так быстро упало, что в марте достигло предела видимости (шестнадцатой звездной величины) с 26-дюймовой вашингтонской звездой. Его свет очень заметно померк по мере того, как он угасал.[1474] На ранних стадиях ее снижения был разительный контраст между резко очерченным красноватым диском звезды и туманным зеленовато-белым фоном, на который она проецировалась,[1475] и с которым неизбежно предполагалось находиться в какой-то физической связи.

Давайте рассмотрим, какие свидетельства на этот счет действительно имелись. Начнем с того, что положение звезды было не совсем центральным. Он находился в шестнадцати угловых секундах к юго-западу от истинного ядра туманности. Его появление тогда не означало внезапного продвижения туманности к сгущению и не сопровождалось какими-либо видимыми изменениями в ней, за исключением временного эффекта частичного стирания из-за повышенной яркости.

Столь же неопределенная информация была получена и от спектроскопа. Фогелю, Хассельбергу и Янгу свет "Новой звезды" казался совершенно непрерывным; но 2 сентября Хаггинс уловил следы ярких линий, подтвержденные 9 сентября:[1476] и Коупленду 30 сентября удалось измерить три яркие полосы с помощью остроугольной призмы, специально сконструированной для этой цели.[1477] Было заподозрено мерцание F, которое также было замечено мистером О. Т. Шерманом из Йельского колледжа. Тем не менее, этот эффект сильно отличался от характерного яркого спектра временной звезды и натолкнул на предположение, что и здесь, возможно, изучается переменная величина. Звезда, однако, была настолько "новой", что ее лучи, пока они внезапно не набрали силу, были слишком слабыми, чтобы воздействовать даже на наши усиленные чувства. Ни одна из 1283 маленьких звезд, отмеченных на картах туманности, не могла быть идентифицирована с ней; и фотография, сделанная доктором Коммоном 16 августа 1884 г., на которой запечатлелось множество звезд вплоть до пятнадцатой величины, показала, что равномерная, мягкая градация туманного света абсолютно не нарушается звездным обозначением в месте, зарезервированном для будущего обитания "Новой".[1478]

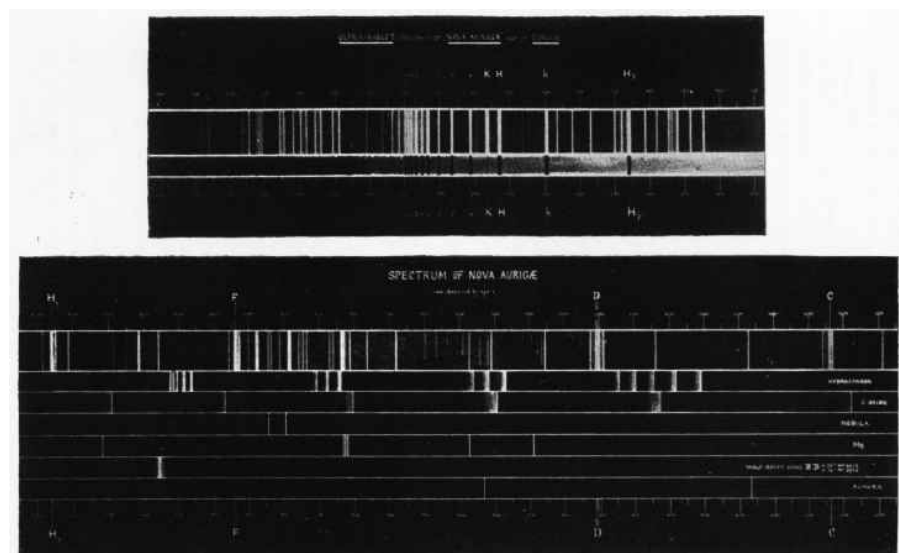
Таким образом, до сих пор точка зрения о том, что его связь с туманностью была чисто оптической, могла быть оправдана; но она стала совершенно несостоятельной, когда было обнаружено, что то, что считалось случайным совпадением, повторилось на

памяти живущих. 21 мая 1860 года М. Оверс заметил в Кенигсберге звезду седьмой величины, сияющую недалеко от центра туманности в созвездии Скорпиона, которая в каталоге Мессье имеет 80-й номер.[\[1479\]](#) Тремя днями ранее ее там точно не было, а три недели спустя она исчезла. Эффект для мистера Погсона (который независимо обнаружил изменение 28 мая)[\[1480\]](#) был таким, как если бы туманность была *заменена* звездой, настолько полностью ее тусклые лучи были подавлены концентрированным сиянием посреди них. Теперь просто невероятно, чтобы две вспышки столь необычного характера *случайно* произошли как раз на линии видимости между нами и центральными частями двух туманностей; тогда мы должны заключить, что они были видны *на* этих объектах, потому что они произошли *в* них. Наиболее предпочтительным объяснением является то, что они были тем, что можно было бы назвать эффектом перенаселенности — что некоторые из многочисленных мелких тел, предположительно составляющих туманности, сталкивались друг с другом в своих сложных кругооборотах и получали компенсацию теплом за принесенное ими в жертву движение. Но это едва ли более чем правдоподобная импровизация озадаченных мыслей. Г-н У. Х. С. Монк, с другой стороны, предположил, что новые звезды появляются, когда темные тела становятся светящимися, проносясь через газовые поля of space,[\[1481\]](#) как метеоры зажигаются в нашей атмосфере. Идея, которая была возрождена и развита доктором Зелигером из Мюнхена,[\[1482\]](#) гениальна, но не была разработана для применения в нашем настоящем случае. Ни один из объектов, отличающихся только что описанными поразительными вариациями, не имеет газообразного строения. То, что в Скорпионе, при большом увеличении выглядит как "сжатое скопление"; то, что в Андромеде, возможно, как предположил сэр Дж. Гершель, "оптически туманно из—за малости составляющих его звезд"[\[1483\]](#)- если они заслуживают названия звезд.

8 декабря 1891 года доктор Макс Вольф сфотографировал регион около  $\chi$  Ауриге. Среди звезд, изображенных на нем, не было ни одной более яркой, чем восьмая звездная величина. Тем не менее, 10-го числа звездный объект пятой величины, расположенный в паре градусов к северо-востоку от  $\beta$  Тельца и ранее не регистрировавшийся, где появились звезды одиннадцатой величины, запечатлелся на негативе из Гарварда. Последующие фотографии, сделанные в том же месте, показали,

что к 20-му числу оно увеличилось примерно на половину звездной величины; но пластины тогда не исследовались, и открытие было предоставлено скромному любителю, преподобному доктору Андерсону из Эдинбурга, который сообщил об этом 1 февраля 1892 года посредством анонимной открытки доктору Коупленду, королевскому астроному Шотландии.[1484] Им и другими были быстро запущены в работу механизмы современных исследований. И с благой целью. Новая Аурига была первой звездой такого рода, изученной универсальным химическим методом. Соответственно, это первая, о которой потомкам могут быть переданы достоверные сведения. Они обладают в высшей степени замечательным характером. Спектр нового объекта был сфотографирован в Стонихерсте и Южном Кенсингтоне 3 февраля; несколькими днями позже - в Гарварде и Лике в Америке, в Потсдаме и Херени на Европейском континенте. Но, безусловно, наиболее полное впечатление было произведено 22 февраля экспозицией продолжительностью час и три четверти сэром Уильямом и леди Хаггинс, благодаря доброте которых она воспроизведена на фото V., рис. 1. Диапазон ярких линий, отображенных в нем, поражает живостью и протяженностью. Он включает в себя все темные водородные лучи в спектре Сириуса (напечатаны отдельно для сравнения), помимо многих других, еще более преломляемых, пока неопознанных. Очень важным также является ярко выраженный характер линий H и K. Визуальный спектр Новой Звезды был великолепно эффектным. А

# ТАБЛИЧКА V.





Фотографический и визуальный спектр Новой Звезды".

Рис. 1. — С фотографии, сделанной сэром Уильямом и леди Хаггинс 22 февраля 1892 г.

Рис. 2.—С рисунка, сделанного леди Хаггинс 2-6 февраля 1892 г.

в глаза бросился квартет блестящих зеленых лучей, два из которых были созданы гелием; и у них было слишком много спутников, чтобы их можно было легко сосчитать. Линии водорода были широкими и яркими; С сверкал, как сказал мистер Эспин, "подобно сигналу опасности темной ночью"; пары натрия были обнаружены в Талс-Хилл, и предполагалось, что желтый луч гелия скрывается поблизости от них. Рис. 2 на той же табличке показывает спектр, каким он был замечен и нанесен на карту Леди Хаггинс со 2 по 6 февраля, вместе со спектрами, использованными для проверки природы рассеянных в нем излучений. Сразу бросается в глаза одна поразительная особенность. Это сочетание светлых и темных линий. Как в видимой, так и в фотографической областях эта исключительная особенность была безошибочна; и поскольку две серии явно имели одно и то же химическое происхождение, их раздельная видимость предполагала большое смещение. В противном случае они были бы наложены друг на друга, а не соседствовали. Измерения ярких лучей, соответственно, показали, что они были значительно сдвинуты вниз к красному концу, в то время как их темные спутники были еще больше сдвинуты вверх к синему концу. Таким образом, спектр Новой Звезды, как и спектр  $\beta$  Лир, с которым у нее было много точек общего, оказался действительно двойным. Предполагалось, что он объединит свет двух различных тел, одно из которых газообразной природы, быстро удаляющееся от земли, а другое, имеющее более солнечный спектр, приближается к ней с еще большей скоростью. Относительная скорость, определенная в Потсдаме для этих противоположно летящих масс, составила 550 миль в секунду. [1485] И эта поразительная скорость разделения полностью сохранялась в течение шести недель! Тогда это не было простым периастральным порывом. [1486] Телам, проявляющим его воздействие и навсегда расставшимся под его воздействием, оно, должно быть, принадлежало, с небольшим уменьшением, навечно. Световая вспышка, благодаря которой они стали видимыми, была объяснена сэром Уильямом Хаггинсом в лекции, прочитанной в Королевском институте 13 мая 1892 года о приливной теории Клинкерфьюса и Уилсинга. Возмущения и деформации, вызванные взаимным притяжением двух громоздких шаров при близком сближении, по его мнению, "привели бы к огромным извержениям более горячих веществ изнутри,



неизмеримо большим, но сходным по своему характеру с солнечными извержениями; и сопровождалась, вероятно, сильными электрическими возмущениями". Множественный аспект и несколько изменчивый характер как ярких, так и темных линий были правдоподобно отнесены к процессам "обращения вспять", таким, которые почти всегда происходят над солнечными пятнами; но длительная продолжительность внезапно приобретенного блеска звезды нелегко вписывалась в принятое обоснование. О прямом столкновении, с другой стороны, не могло быть и речи, поскольку движение, очевидно, практически не пострадало; и замена одной из "звезд" туманностью[1487] вынудила прибегнуть к едва ли мыслимым способам воздействия для объяснения сбивающих с толку особенностей составного спектра.

Неожиданная *развязка*, однако, отбросила все предположения в сторону. Новая звезда сохраняла большую часть своей яркости, несмотря на колебания, до 9 марта; после этой даты она быстро и равномерно снижалась к тому, что считалось полным исчезновением. Ее снижение не сопровождалось заметным изменением спектра. При последнем осмотре в Талс-Хилл 24 марта все наиболее существенные особенности его призматического свечения были все еще слабо различимы.[1488] Объект неуклонно погружался 26 апреля, когда (предположительно) его последний проблеск был зафиксирован с помощью телескопа Lick 36 дюймов.[1489] Тогда это была примерно шестнадцатая магнитуда. Но 17 августа он вырос до десятого, как с изумлением заметили профессора Холден, Шеберле и Кэмпбелл, поставив тот же инструмент на место. И профессору Барнард показалось, что две ночи спустя она не только ожила, но и превратилась в ядро планетарной туманности диаметром 3 фута.[1490] Реальность этого кажущегося расширения, однако, сразу же оспариваемая, в конечном итоге была опровергнута. Это, несомненно, возникло из-за несовершенной фокусирующей способности телескопа для лучей необычного качества.[1491]

Вновь возникшая Новая звезда была обнаружена в этой стране г-ном Х. Кордером, по уведомлению которого г-н Эспин 21 августа исследовал ее почти монохроматический спектр.[1492] Метаморфоза Новой Звезды Лебеда, казалось, повторилась. [1493] Свет нового объекта, как и у его предшественника, был в основном сосредоточен в ярко-зеленой полосе, идентифицированной Коуплендом с главной линией туманности, [1494] Фон Готхард,[1495] и Кэмпбелл.[1496] Также была

представлена вторая линия туманности. Действительно, последний названный наблюдатель признал почти все восемнадцать линий, измеренных им в Новой, характерными для планетарных туманностей.[1497] Особый интерес представляет появление в спектре звезды, сфотографированном Фон Готхардом, ультрафиолетовой линии, первоначально обнаруженной в Талс-Хилл в туманности Ориона, которая также очень сильна в кольцевой туманности Лира. Очевидно, что физическое строение Новой Звезды сильно изменилось за четыре месяца ее невидимости. Спектр февраля был или казался сложным; спектр августа был простым; его можно было разумно связать только с одним источником света. Многие из прежних блестящих линий тоже исчезли и были заменены другими, поначалу незаметными или отсутствовавшими вовсе. В результате тип солнечного протуберанца, которому, казалось, соответствовал более ранний спектр, был полностью стерт в более позднем. Причина этих изменений остается загадочной, но их последствия продолжаются. Цветовое поведение полутухлой Новой Звезды при тщательном изучении с помощью больших рефракторов показывает, что ее убывающий свет имеет отчетливо туманный характер.[1498] Как и почти все ее сородичи, звезда расположена в полном потоке Млечного Пути, и мы без удивления узнаем, что микрометрические измерения Бернхэма и Барнарда[1499] не дали результатов. Извлеките из него любой признак параллактического сдвига. Следовательно, несомненно, что развитие света, весть о котором достигла земли в декабре 1891 года, должно было происходить в огромных масштабах и иметь древнюю историю. Новая Звезда в своем максимуме, несомненно, во много раз превосходила по яркости солнце; и ее возгорание едва ли могло произойти меньше, а могло и гораздо больше, чем сто лет назад.

С помощью фотографических исследований неба, проведенных в обоих полушариях под руководством профессора Пикеринга, было доказано, что такие удивительные события происходят нередко. В течение шести лет с помощью Мемориала Дрейпера или картографических табличек миссис Флеминг были обнаружены пять новых звезд, помимо ретроспективного открытия шестой, которая быстро сгорела восемь лет назад в Персее.[1500] Новая Норма была непосредственной преемницей Новой Ауриги; Новая Киля и Новая Центавра загорелись в 1895 году, последняя в ранее существовавшей туманности; Новая Стрелец и Новая Аквила достигли кратковременных максимумов в 1898 и 1899 годах соответственно. Итак, три из этих пяти звезд с исключительной точностью воспроизводили спектр Новой звезды; они излучали те же самые яркие лучи, неизменно затененные на своих голубых сторонах темными. Таким образом, очевидно, что это расположение было систематическим и значительным; оно не могло быть результатом просто случайно направленных противоположных скоростей тел, встречающихся в пространстве. Соответственно, гипотеза о столкновениях звезд потерпела крах, и ей не было предоставлено полностью удовлетворительной замены. Большинство спекулянтов теперь полностью осознают, что движение-смещения не могут быть использованы для объяснения удвоенных спектров новых звезд, и вместо этого прибегают к какому-либо физическому средству для создания наблюдаемого эффекта.[1501] И поскольку это также видно в определенных постоянных, хотя и своеобразных объектах — в частности, в  $\rho$  Cygni,  $\beta$  Lyr и  $\eta$  Carinae — действующая причина, очевидно, также должна быть постоянной и врожденной.

"Новая звезда нового века"[1502] была визуальным открытием. Доктор Андерсон продублировал, с добавлением *экла та*, свое выступление девятилетней давности. Ранним утром 22 февраля 1901 года он заметил, что у Алгола есть сосед, почти такой же яркости, как у него, который, как доказала фотография, сделанная мистером Стэнли Уильямсом в Брайтоне, поднялся ниже двенадцатой звездной величины за предыдущие 28 часов. И она все еще быстро восходила. 23-го числа она затмила Капеллу; на короткий промежуток времени она заняла положение главной звезды северного полушария. Спад начался быстро, но продолжался нерешительно. Свет постоянно колебался в диапазоне нескольких величин, причем в течение нескольких недель с близкой к трехдневной периодичностью. Спустя год после первоначальной вспышки звезда все еще была видна в театральном бинокль. Спектр претерпел удивительные

изменения. Поначалу непрерывный, за исключением тонких темных линий водорода и гелия, он в течение сорока восьми часов превратился в сложный ряд ярких и темных полос, расположенных обычным для Новинок образом. Это продолжалось до конца марта, когда водород, как, вероятно, и другие вещества, перестал оказывать сколь-либо заметное поглощающее действие. Затем голубое излучение типа Вольфа-Райе иногда становилось заметным, что замечательно соответствовало изменяющемуся блеску звезды:[1503] наконец, полоса при  $\lambda$  3969, обнаруженная Райтом в Лике для характеристики спектров туманностей,[1504] приобрел аномальную важность; и в июле можно сказать, что трансформация туманности завершена. Эти спектральные перипетии сопровождались поразительными изменениями цвета. Звезда, изначально белая, вскоре стала темно-красной, и ее краснота заметно усиливалась при каждом повторяющемся минимуме освещенности. Однако побледнение последовало за развитием его туманных наклонностей, и его сохранившиеся лучи приобрели стальной оттенок.

Все наиболее важные исследования Новой Персеи проводились с помощью фотографических средств. Библиотеки спектральных таблиц были собраны в обсерваториях Йеркс и Лик, в Южном Кенсингтоне, Стоунхерсте и Потсдаме, и ожидают более исчерпывающей интерпретации в будущем. Между тем, экстраординарные откровения были получены благодаря немедленному фотографированию. 22 августа и 23 августа 1901 года профессор Макс Вольф, проводя длительные съемки с помощью 16-дюймовых двойных объективов Брюса обсерватории Кенигштуль (Гейдельберг), получил указания на большую мелкоразветвленную туманность, простирающуюся к юго-востоку от Новой:[1505] и все образование было обнаружено за четыре часа при наведении на него 2-футового отражателя Йеркса автор: мистер Ричи, 20 сентября.[1506] Оказалось, что это огромная спираль, окружающая звезду и, по-видимому, исходящая от нее. Но если так, то бурно и под воздействием катастрофических импульсов. Снимок, полученный мистером Перрином с помощью рефрактора Кроссли в 7 часов 19 минут 7 и 8 ноября, показал прогресс поразительных изменений.[1507] Сравнение с фотографией Йеркса показало, что за прошедшие 48 дней четыре четко идентифицируемых сгущения сместились, все на одинаковую величину, примерно в 90 секунд дуги, и в довольно совпадающих направлениях, что предполагает движение *вокруг* Новой Звезды, а также от нее. Однако подразумеваемая скорость настолько огромна, что практически исключает предположение о

телесном переносе материи. Скорость должна быть не менее двадцати тысяч миль в секунду, если допустить, что объект находится от нас на расстоянии, соответствующем годовому параллаксу в одну десятую секунды, а фактические измерения показывают, что он находится на бесконечно большем расстоянии. Факт быстрых изменений в туманности был подтвержден, хотя и с меньшей точностью, фотографиями Йеркса от 9 и 13 ноября, причем м-р Ричи сделал вывод об общем расширении ее южных частей.[1508] Под рукой должно быть гораздо больше доказательств, прежде чем можно будет составить здравое суждение о природе странных событий, происходящих в этом уединенном уголке Галактики.[1509] И весьма вероятно, что свечение туманных колец вокруг звезды окажется не менее мимолетным, чем свечение самой звезды.

Мы были вынуждены несколько предвосхитить наше повествование в отношении исследований природы туманностей. Отклонения во мнениях по этому вопросу были резко ограничены и определены применением к ним спектроскопа. 29 августа 1864 года сэр Уильям Хаггинс просеял через свои призмы лучи яркой планетарной туманности в созвездии Дракона.[1510] К его бесконечному удивлению, они оказались в основном одного цвета. Другими словами, они признали свое происхождение из массы светящегося пара. Что касается того, каким *видом* мог быть пар, с помощью которого гипотеза Гершеля о "сияющей жидкости", рассеянной по всему космосу, была таким неожиданным образом подтверждена, то удовлетворительный ответ можно было дать лишь частично. Бросающаяся в глаза яркая линия туманности Дракона, казалось, совпадала по положению с линией, испускаемой азотом, но с тех пор оказалось, что она отличается от нее; из двух ее более слабых спутников один безошибочно был линией F водорода, в то время как другой, занимающий промежуточное положение между ними, до сих пор остается неопознанным.

К 1868 году Хаггинс удовлетворительно исследовал спектры примерно семидесяти туманностей, треть из которых имела газообразный характер.[1511] Все это дало зеленый луч, фундаментальный для спектра туманности и исходящий от неизвестной формы материи, названной сэром Уильямом Хаггинсом "туманностью". Он связан с семью или восемью линиями водорода, с тремя линиями "желтого" гелия и со многими линиями неопределенного происхождения. Отсутствие малинового излучения водорода, которое с трудом воспринимается только в некоторых объектах с высокой

плотностью, является аномалией, которую очень несовершенно объясняют как физиологический эффект, связанный с крайней слабостью света туманности.[1512] Поскольку Локьер предположил приблизительное совпадение между главной линией туманности и "рифлением" магния в поддержку своей метеоритной гипотезы о строении туманности, стало интересно установить его реальность. Задача была выполнена сэром Уильямом и леди Хаггинс в 1889 и 1890 годах,[1513] и профессором Килером с помощью преимуществ аппарата Маунт-Гамильтон и атмосферы в 1890-91 годах.[1514] Результатом было показать небольшое, но несомненное несоответствие относительно места и заметное разнообразие по характеру между двумя качествами света. Луч туманности (длина волны 5,007 миллионных долей миллиметра) немного более преломляем, чем кромка магниевого рифления, и он острый и тонкий, без следов односторонней дымки, которая обязательно цепляется даже за последний "остаток" полосчатого образования.

Все без исключения планетарные и кольцевые туманности являются газообразными, так же как и те, которые называются "неправильной формы" и которые часто встречаются в области Млечного Пути. Их строение обычно бросается в глаза голубым или зеленоватым цветом, в то время как те, которые дают непрерывный спектр, имеют тускло-белый цвет. Среди наиболее примечательных из них - хорошо известная туманность в Андромеде и большая спираль в Венерных камнях; и, как правило, излучения всех таких туманностей, которые представляют собой звездные скопления, затуманенные из-за чрезмерного расстояния, относятся к тому же виду. Было бы, однако, в высшей степени опрометчиво заключать отсюда, что они действительно являются скоплениями солнцеподобных тел. Невероятность такого вывода была значительно усилена тем, что с интервалом в четверть века произошли звездные вспышки в разгар двух из них. Ибо практически несомненно, что временные звезды были одинаково далеки от туманных образований, которые они освещали; следовательно, если составляющие последние частицы были солнцами, то несравненно более обширные сферы, из-за которых их слабый свет был почти уничтожен, должны были, как утверждал м-р Проктор, иметь масштабы, от созерцания которых воображение отшатывается. Тем не менее доктор Шайнер не без особого труда получил в январе 1899 года спектрографические снимки туманности Андромеды, указывающие, по его мнению, на то, что это скопление солнечных звезд.[1515] Сэр Уильям и леди Хаггинс, с другой стороны, *видели* в 1897 году яркие, перемешанные с

темными полосами в спектре одного и того же объекта.[1516] И мистер Маундер предполагают, что все "белые" туманности состоят из солнечных лучей, в которых преобладает корональный элемент, в то время как хромосферные материалы подтверждают их присутствие в туманностях "зеленой" разновидности.[1517]

Среди установленных аналогий между звездными и туманными системами - аналогия изменчивости света. 11 октября 1852 года мистер Хинд обнаружил небольшую туманность в созвездии Тельца. Чакорнак наблюдал его в Марселе в 1854 году, но был сбит с толку четырьмя годами позже, обнаружив, что он исчез. Д'Аррест пропустил его 3 октября и обнаружил заново 29 декабря 1861 года. Это было легко увидеть в 1865-66 годах, но невидимо в самых мощных приборах с 1877 по 1880 год.[1518] Барнард, однако, 15 октября 1890 года разглядел почти исчезающий след этого объекта с помощью телескопа грейт-Лик,[1519] и без труда разглядел его весной 1895 года, в то время как шесть месяцев спустя это ускользнуло от его самых тщательных поисков.[1520] Затем, 28 сентября 1897 года, 40-дюймовый фотоаппарат Йеркса показал ему это как простое мерцание на последнем пределе видимости; и это проявилось в виде трех рассеянных пятен на пластине, которым Килер 6 и 27 декабря 1899 года делал длительные снимки с помощью рефлектора Кроссли.[1521] Более того, довольно яркая соседняя туманность, замеченная О. Струве в 1868 году и вскоре после этого наблюденная д'Аррестом, полностью исчезла и, скорее всего, была лишь временным явлением. Это наиболее достоверные примеры изменчивости туманностей. Более или менее правдоподобно утверждались многие другие;[1522] но убеждение профессора Холдена, полученное в результате исчерпывающего изучения записей с 1758 года,[1523] что различные части Ориона туманность постоянно колеблется в относительном блеске, что не подтверждено фотографическими данными.

Случай с "трехгранной" туманностью в Стрельце, исследованный Холденом в 1877 году,[1524] избавиться от нее не так просто. Что несомненно, так это то, что замечательная тройная звезда, расположенная в центре, согласно наблюдениям обоих Гершелей, 1784-1833 годов, в темном пространстве между тремя большими *лепестками* туманности, сейчас и с 1839 года плотно окружена одним из них; и поскольку гипотеза об относительном движении по многим причинам неприемлема, изменение, которое, по-видимому, произошло, должно происходить в распределении света. Не менее примечательный пример привел мистер Х. К. Рассел, директор Сиднейской обсерватории.[1525] Особенно



яркая часть большой туманности Арго, нарисованная сэром Джоном Гершелем, похоже, почти полностью исчезла. Он заметил его отсутствие в 1871 году, используя 7-дюймовый телескоп, но позже ему также не удалось найти его с помощью 11-1/2-дюймового, и на его фотографиях с длительной экспозицией от него не осталось и следа. Та же структура отсутствует или едва прослеживается на великолепном снимке туманности, сделанном сэром Дэвидом Гиллом за двенадцать часов, распределенных на четыре ночи в марте 1892 года.[1526] Огромное газообразное пространство, казалось бы, скрылось из виду. Материально оно, без сомнения, есть, но сияние покинуло его.

У туманностей нет установленных правильных движений. Ни для одной из них пока не было зарегистрировано подлинного изменения положения на небе. Все они в равной степени держатся в стороне, насколько показывают наблюдения в телескоп, от напряженного движения звезд. Эта кажущаяся неподвижность отчасти является следствием огромного расстояния. До настоящего времени параллакс туманностей оказывался мимолетным, и параллактический дрейф туманностей в ответ на продвижение солнца в пространстве также остается незаметным.[1527] Следовательно, можно предположить, что в пределах сферы, занимаемой ближайшими звездами, туманностей не возникает. Но также необходимо учитывать сложность точного измерения таких объектов. Смещения, которые были бы заметны у звезд, могут легко ускользнуть от обнаружения в плохо очерченных, туманных массах. Таким образом, меры, принятые д'Аррестом в 1857 году[1528] еще не доказали свою эффективность в достижении задуманной ими цели содействия будущему обнаружению правильных движений. Некоторые определения, сделанные мистером Бернхэмом с помощью рефрактора Лика в 1891 году,[1529] в конечном итоге позволяют провести более критический тест. Он обнаружил, что почти все планетарные туманности включают острое звездное ядро, положение которого относительно соседних звезд может быть установлено не менее точно, чем если бы оно было лишено туманного окружения. Следовательно, обнаруженные им объекты отныне не могут сдвинуться, хотя бы на малую долю секунды, без того, чтобы этот факт стал известен астрономам.

Однако спектроскоп здесь, как и везде, может дополнить телескоп; и то, что он должен сообщить, он сообщает сразу, без необходимости ждать, пока созреют результаты. Сэр Уильям Хагинс в 1874 году сделал[1530] самые ранние эксперименты по радиальному движению туманностей. Но только с отрицательным



результатом. Ни один из шести исследованных объектов не подавал признаков изменения спектра, и было подсчитано, что это должно было произойти, если бы они удалялись от Земли или приближались к ней со скоростью до двадцати пяти миль в секунду. С гораздо более мощными приборами профессор Килер возобновил попытку Lick в 1890-91 годах. Его успех был однозначным. Десять планетарных туманностей дали вполне удовлетворительные свидетельства движения в пределах прямой видимости,[1531] самым быстрым путешественником является хорошо известный зеленоватый шар в Драко,[1532] приближается к земле со скоростью сорок миль в секунду. Для туманности Ориона было определено отступление примерно на одиннадцать миль,[1533] все это, однако, вполне может принадлежать самой солнечной системе, которая, перемещаясь к созвездию Лиры, безусловно, довольно быстро оставляет большую туманность позади. Аномалия кажущейся неподвижности туманности, тем не менее, была устранена; и проблема движения туманности начала решаться благодаря продемонстрированной возможности ее спектроскопического исследования.

Результаты Килера были первыми достоверными определениями радиального движения, полученными визуально. То, что аналогичная работа над звездами, начатая в Гринвиче в 1874 году и продолжавшаяся в течение тринадцати лет, осталась сравнительно бесплодной, было лишь тем, чего можно было ожидать, поскольку имевшиеся там инструменты были совершенно неадекватны для достижения высокой степени точности.

Различные препятствия на пути его закрепления были преодолены за счет замены глаза чувствительной пластинкой. Таким образом, сотрясения воздуха становятся сравнительно безвредными; и на измерения звездных линий, смещенных в результате движения, по отношению к опорным линиям из земных источников, сфотографированным на тех же планшетах, можно положиться в значительно уменьшенных пределах погрешности. Исследования по реализации "спектрографического" метода были начаты доктором Фогелем и его способным ассистентом доктором Шайнером в Потсдаме в 1887 году. Их предварительные результаты, переданные Берлинской академии наук 15 марта 1888 года, уже показали, что требования к эффективным исследованиям в этой важной отрасли наконец-то были выполнены. Осенью того же года был установлен усовершенствованный прибор, и пятьдесят одна звезда, достаточно яркая для определения с помощью рефрактора с

апертурой 11 дюймов, была быстро получена в руки. Список их перемещений в зоне прямой видимости, опубликованный в 1892 году,<sup>[1534]</sup> имел высокую ценность как сам по себе, так и за то, что он обещал. Один заслуживающий внимания вывод из собранных данных заключался в том, что глаз склонен при неблагоприятных обстоятельствах преувеличивать смещения линий, которые он пытается оценить. Скорости, полученные на фотографиях, были гораздо меньшими, чем те, которые были определены визуально. Средняя скорость "Потсдамских звезд" составила всего 10·4 мили в секунду, самой быстрой среди них является "Альдебаран" со скоростью тридцать миль в секунду. Однако совсем недавно Деландрес и Кэмпбелл определили для  $\zeta$  Herculis и  $\eta$  Serphei скорости приближения соответственно сорок четыре и пятьдесят четыре мили в секунду.

Установка в 1900 году фотографического рефрактора с апертурой 31-1/2 дюйма в сочетании с 20-дюймовым направляющим телескопом позволит доктору Фогелю спектрографически исследовать несколько сотен звезд, более тусклых, чем вторая звездная величина; и накопленные таким образом материалы должны в значительной степени помочь обеспечить средства для определенного и полного решения более чем вековой проблемы продвижения Солнца в космосе. Решение должно быть полным, поскольку включает в себя подлинное определение скорости солнца, помимо предположений любого рода. Попытка М. Хоманна в 1885 году,<sup>[1535]</sup> извлечь некоторую предварительную информацию по этому вопросу из радиальных движений визуально определяемых звезд, показала, что можно было бы сделать с материалами лучшего качества. Он достиг цели, поскольку путь солнца сместился на восток к созвездию Лебедя — результат, соответствующий заметной тенденции недавно определенных вершин собираться в Лире или вблизи нее; и наиболее вероятной соответствующей скоростью, по-видимому, было около девятнадцати миль в секунду, или как раз скорость Земли на ее орбите. Более тщательное исследование того же рода, основанное профессором Кэмпбеллом в 1900 году<sup>[1536]</sup> на движениях 280 звезд, определенных с чрезвычайной точностью, пострадало в полноте из-за отсутствия доступных данных из южного полушария. Результатом, соответственно, стала вершина, наиболее вероятно правильно расположенная с точки зрения прямого восхождения, но смещенная к югу примерно на пятнадцать градусов. Скорость в двенадцать миль в секунду, присвоенная солнечному переводу, несомненно, очень близка к истине.

Успешное начало небулярной спектрографии было положено сэром Уильямом Хаггинсом 7 марта 1882 года.<sup>[1537]</sup> Всего пять строк отпечатались на пластинке в течение сорока пяти минут воздействия лучей странного объекта в Орионе. Из них четыре были известными видимыми линиями, а пятая, высоко в ультрафиолетовом диапазоне, на длине волны 3727, очевидно, имеет особые взаимосвязи, которые пока еще недостаточно изучены. Он замечен в спектрах многих планетариев; он помог охарактеризовать метаморфозы туманности Новой Звезды, но не появился в Новой Персее. Две дополнительные линии водорода, всего шесть, были сфотографированы в Талс-Хилл, из туманности Ориона, в 1890 году;<sup>[1538]</sup> и обнаружение доктором Коуплендом в 1886 году<sup>[1539]</sup> желтого луча D<sub>3</sub> дал первый намек на присутствие гелия в этом поразительном образовании. Нет недостатка и в спектроскопических указаниях на его физическую связь со звездами, визуально участвующими в нем. Сэр Уильям и леди Хаггинс обнаружили пластинку, выставленную 5 февраля 1888 года, на которой были запечатлены четыре группы тонких ярких линий, берущих начало в непрерывном свете двух звезд трапециевидной формы, но простирающихся некоторым образом в окружающую туманность.<sup>[1540]</sup> И доктор Шайнер<sup>[1541]</sup> доказывали более широкую взаимосвязь, связанную с общим наличием у туманности и главных звезд в созвездии Орион синей линии, яркой в одном случае, темной среди остальных, поскольку идентифицирован как представитель одной из гелиевых серий.

Структурное единство порядков звезд и туманностей в этой обширной области неба также было безошибочно подтверждено прямыми фотографическими средствами.

Первое многообещающее автографическое изображение туманности Ориона было получено Дрейпером 30 сентября 1880 года.<sup>[1542]</sup> Заметный подход к еще более удовлетворительному результату, продемонстрированный его записями от марта 1881 и 1882 годов, был, к несчастью, прерван его смертью. Тем временем М. Янссен работал в той же области с 1881 года с привычным успехом.<sup>[1543]</sup> Но доктор А. Эйнсли Коммон оставил далеко позади всех конкурентов с великолепным снимком, сделанным 30 января 1883 года с помощью тридцатисемиминутной экспозиции в фокусе своего трехфутового зеркала с серебром на стекле.<sup>[1544]</sup> Таким образом, можно сказать, что фотография определенно взяла на себя роль историографа туманностей, поскольку этот единственный оттиск

воплощает массу фактов, которые с трудом можно обобщить месяцами работы карандашом, и позволяет зафиксировать форму и относительную яркость различных частей изображаемого ею колоссального объекта, что должно оказаться бесценным для изучающих его будущее состояние. Его красота и достоинства были официально признаны присуждением Золотой медали Астрономического общества в 1884 году.

Вторая фотография такого же качества, полученная тем же способом 28 февраля 1883 года с часовой экспозицией, воспроизведена на фронтисписе. Виньетка включает два образца планетарной фотографии. Фотография Юпитера с большим красным пятном, заметным в южном полушарии, сделана доктором Коммоном. Это датируется 3 сентября 1879 года и, соответственно, было одним из первых результатов его 36-дюймовой съемки, прямое изображение на которой отпечатывалось за доли секунды и впоследствии было увеличено на бумаге примерно в двенадцать раз. Изящный маленький снимок Сатурна был сделан в Париже М. Полем и Проспером Анри 21 декабря 1885 года с помощью их 13-дюймового фотографического рефрактора. Телескопическое изображение в данном случае было увеличено в одиннадцать раз перед фотографированием с выдержкой около пяти секунд; и общее увеличение, как теперь выясняется, составляет девятнадцать раз. След темного кольца, заметный на оригинальном негативе, теряется при печати.

Фотография туманности Ориона, сделанная доктором Робертсом за 67 минут 30 ноября 1886 года, поразительно раскрывает размеры этого потрясающего объекта. Им покрыта более чем в шесть раз область туманности, изображенная на снимках доктора Коммон, и на нем ясно видно, что соседняя туманность, внесенная Мессье в отдельный каталог, принадлежит к тому же обширному образованию.

Эта склонность к дополнению и присвоению проявлялась все сильнее с каждым увеличением фотографической мощности. Снимки, сделанные в Гарвардском колледже в марте 1888 года с помощью 8-дюймового портретного объектива (такого же, который использовался при составлении каталога Дрейпера), показали, что давно известная туманность "Рыбий рот" не только включает звезды рукояти меча, но и находится в достаточно очевидной связи с самой восточной из трех звезд пояса, от которой, как было обнаружено, отходил примечательный туманный отросток.<sup>[1545]</sup> Еще более любопытное открытие было сделано У. Х. Пикерингом

в 1889 году.[1546] Фотографии, сделанные в течение трех часов с вершины пика Вильсона в Калифорнии, показали существование огромной, хотя и слабой спиральной структуры, охватывающей своим размахом почти в семнадцать градусов всю звездную и туманную группу Пояса и Меча, из которой она, скорее всего, хотя и не совсем прослеживаема, исходит, как из ядра. Таким образом, мы получаем поразительное представление о космическом значении той странной "паузы" в небесах, которая вызвала удивление у Гюйгенса в 1656 году. Непостижимое ослабление входящего в его состав газообразного вещества было практически продемонстрировано мистером Рэньардом.[1547]

В марте 1885 года сэр Говард Грабб установил для доктора Исаака Робертса в Магалле, недалеко от Ливерпуля (с тех пор его обсерватория была перенесена в Кроуборо в Сассексе) отражатель из серебра на стекле с двадцатидюймовой диафрагмой, сконструированный специально для использования в астрономической фотографии. Серия снимков туманностей, полученных с помощью этого прекрасного прибора, оказалась в высшей степени поучительной как в отношении структуры, так и размеров этих замечательных объектов; прежде всего, одной из больших туманностей Андромеды, экспозиция которой составила три часа 1 октября 1888 года.[1548] В нем запутанная структура заменила и сделала понятной аномально разорванную массу, замеченную Бондом в 1847 году.[1549] Эффекты кольцевой конденсации, по-видимому, отпечатались на пластинке, и две сопутствующие туманности представляли собой спутники, уже отделившиеся от родительского тела и, предположительно, вращающиеся вокруг него. Кольцевая туманность в Лире была сфотографирована в Париже в 1886 году, а вскоре после этого Фон Готхардом с помощью 10-дюймового отражателя,[1550] и он аналогичным образом изобразил в 1888 году две главные спиральные и другие туманности.[1551] Фотографии туманности Лира, сделанные в Алжире в 1890 году,[1552] и в Ватиканской обсерватории в 1892 году,[1553] были примечательны сильным развитием центральной звезды, которую трудно различить в телескоп, но, очевидно, имеющей первостепенное значение для кольцевой структуры вокруг.

Использование фотографии в астрономических исследованиях с каждым годом становится все более разнообразным и очевидным. Самыми ранними химическими снимками звезд были изображения Кастора и Веги, полученные с помощью Кембриджского рефрактора в 1850 году Уипплом из Бостона под руководством У. К. Бонда. 27 апреля 1857 года под эгидой Г. П. Бонда было

открыто фотографирование двойной звезды, когда за восемь секунд был сделан оттиск Мицара, средней звезды на рукоятке плуга. Серия измерений на шестидесяти двух похожих изображениях дала расстояние и позиционный угол ее спутника примерно с той же точностью, которая достижима обычными микрометрическими операциями; и метод и результат этих новых экспериментов были описаны в трех статьях, замечательно предсказывающих цели, которым будет служить звездная фотография.[1554] Затем дело попало в умелые руки Резерферда, который в 1864 году изготовил тонкое предметное стекло (11-1/2 дюйма) с поправкой на ультрафиолетовые лучи, следовательно, бесполезное для визуальных целей. Эта жертва была вознаграждена заметным успехом. Серия измерений по его фотографиям почти пятидесяти звезд в Плеядах и их сравнение с данными Бесселя позволили доктору Гулду объявить в 1866 году, что за прошедшую треть столетия в их взаимном расположении не произошло никаких существенных изменений.[1555] И м-р Гарольд Джейкоби[1556] аналогичным образом установили постоянство семидесяти пяти атлантис Резерферда между эпохой 1873 года и этой о гелиометрической триангуляции скопления, проведенной доктором Элкином в 1886 году.[1557] расширение интервала до двадцати семи лет путем последующих сравнений с таблицами, сделанными в Лике 27 сентября 1900 г.[1558] Однако применение современных методов к этой античной группе дало как положительные, так и отрицательные результаты.

19 октября 1859 года Вильгельм Темпель, саксонский крестьянин по происхождению, впоследствии искусный гравер, обнаружил с помощью небольшого телескопа, купленного на свои скудные сбережения, эллиптическую туманность, простирающуюся далеко на юг от звезды Меропа. Он привлекал внимание многих наблюдателей, но его так часто упускали из виду из-за его крайней восприимчивости к неблагоприятным атмосферным воздействиям, что вызывало необоснованные подозрения в его изменчивости. Обнаружение этого уклончивого объекта дало едва уловимый в то время намек на дальнейшие разоблачения того же рода более убедительными средствами.

Великолепная фотография 1421 звезды в Плеядах, сделанная ММ. Генри с трехчасовой экспозицией 16 ноября 1885 года показал, что к одному из самых ярких из них прикреплен небольшая спиральная туманность, чем-то напоминающая сильно изогнутый хвост кометы. Повторное появление этого странного предмета на трех последующих пластинах не оставляло сомнений в его реальном существовании, что было визуально

подтверждено в Пулковке 5 февраля 1886 г. одним из первых наблюдений, сделанных с помощью 30-дюймового экваториального снимка.[1559] Однако гораздо меньших отверстий было достаточно, чтобы увидеть "туманность Майя", как только стало известно о ее существовании. Мало того, что он казался сильно увеличенным на венском 27-дюймовом,[1560] но М. Перротен и Толлон видели его с хорошим 15-дюймовым объективом, а М. Каммерманн из Женевы, применяя особые меры предосторожности, с рефрактором с апертурой всего десять дюймов.[1561] Преимущество, полученное им за счет введения в окуляр урановой пленки, дает, благодаря своей фотографической интенсивности, достоверное доказательство того, что значительная часть света этого замечательного объекта относится к ультрафиолетовому типу.

Начатое таким образом было быстро продолжено. Снимок Плеяд, полученный в Магалле за восемьдесят девять минут 23 октября 1886 года, показал туманное окружение не менее чем четырех ведущих звезд группы, а именно Альционы, Электры, Меропы и Майи; а второй снимок, сделанный через три часа следующей ночью, показал далее, "что туманность простирается в виде полос и волнистых масс, пока, кажется, почти не заполняет промежутки между звездами и простирается далеко за их пределы".[1562] Согласованность всей смешанной структуры, кроме того, не вызывала сомнений из-за явно близкого расположения звезд к окружающим их туманным образованиям на поразительных снимках доктора Робертса. Таким образом, идея Гольдшмидта о том, что все скопления Плеяд составляют, так сказать, вторую трапецию Ориона посреди огромного образования, частью которого является туманность Темпеля,[1563] была в некоторой степени подтверждена. И все же в 1863 году это казалось достаточно фантастичным.

Затем, в 1888 году, ММ. Генри произвел четырехчасовую экспозицию нескольких пластинок, каждая из которых демонстрировала при проявке некоторые новые особенности запутанных туманностей. Самым любопытным из них было соединение звезд туманными цепями. В одном случае семь выровненных звезд были нанизаны на серебристую нить, "как бусины на четках".[1564] Таким образом, можно заключить, что "ряды звезд", которые так часто замечают на небе, имеют нечто большее, чем воображаемое существование. Из 2326 звезд, зафиксированных на этих снимках, пару сотен самых ярких



можно, по крайней мере, считать настоящими Плеядами. Подавляющее большинство было понижено из-за [1565] и [1566] подсчетов звездного населения *в и вблизи* скопления, в положении аутсайдеров от него. Они - ничем не примечательные обитатели бездонного фона, на который это проецируется.

Исследования его состояния были продолжены Барнардом еще на один этап. 14 ноября 1890 года, [1567] он визуально обнаружил с помощью рефрактора Lick близкий к Меропе туманный спутник, фотографии которого были получены Килером в 1898 году. [1568] На них она имеет грубо пятиугольную форму, выступающий угол направлен в сторону соседней звезды. Наконец, десятичасовая экспозиция, сделанная Барнардом с помощью объектива Willard, указала на тот необычный факт, что вся группа заключена в туманную матрицу, полосчатые выбросы которой размыывают широкую поверхность небесного свода. [1569] Убежденность художника в реальности того, что изображено на его картине, была подтверждена негативами, полученными Бейли в Арекипе в 1897 году и Х. К. Уилсоном в Нортфилде (Миннесота) в 1898 году. [1570]

С помощью 3-футового отражателя Илинга, проданного доктором Коммоном мистеру Кроссли и подаренного им обсерватории Лик, профессор Килер сделал в 1899 году серию красивых и поучительных фотографий туманности [1571]; Одна из трех туманностей может быть выделена как особо выдающаяся. В результате пробных экспозиций с помощью этого прибора было обнаружено поразительное множество новых туманностей. По "консервативной оценке", в сферу его действия попало 120 000 туманностей. Более того, большинство из тех, что действительно были зарегистрированы, имели безошибочно узнаваемый спиральный характер, и они включали большую часть "двойных туманностей" сэра Джона Гершеля, которые, как ранее предполагалось, иллюстрировали примитивную историю двойных звездных систем. [1572] Исследования доктора Макса Вольфа с помощью 6-дюймового объектива Voigtländer в 1901 году убедительно подтвердили неисчерпаемое богатство небулярных образований. В одной ограниченной области, на полпути между Прецепе и Млечным Путем, он обнаружил 135 туманностей, из которых до тех пор были каталогизированы только три; и он насчитал 108 таких объектов, группирующихся вокруг звезды 31 Сомы Береники. [1573] и настолько близко, что все они могли быть закрыты луной. Общий фотографический каталог туманностей,



который начал составлять доктор Вольф[1574] таким образом, это будет очень объемный труд.

История астрономической фотографии на мысе Доброй Надежды началась с появления большой кометы 1882 года. Под рукой не было специального оборудования; поэтому сэр Дэвид Гилл воспользовался услугами местного художника, мистера Эллиса из Моубрея, с помощью камеры которого, прикрепленной к экваториальной обсерватории, были получены снимки выдающегося качества. Но их особое отличие заключалось во множестве звезд, появляющихся на заднем плане. (См. Таблицу III.) Их вид сразу же открыл королевскому астроному новую перспективу. Он уже разработал проект расширения "Durchmusterung" Аргеландера от точки, где он был оставлен Шенфельдом, до южного полюса; и его идеи относительно средств приведения его в исполнение выкристаллизовались при первом же прикосновении иглы к кометным экспериментам. Он решил использовать для этой цели фотографию. Соответственно, экспонирование пластин было начато под руководством мистера Рэя Вудса в 1885 году; и менее чем за шесть лет небо от  $19^{\circ}$  южной широты до полюса было покрыто в двух экземплярах. Их измерение и составление каталога звезд, запечатленных на них, были щедро взяты на себя профессором Каптейном, и его трудоемкая задача, наконец, была успешно выполнена. Публикация в 1900 году третьего и заключительного тома "Cape Photographic Durchmusterung"[1575] предоставила в распоряжение астрономов фотографическую перепись небес, более полную и достоверную, чем соответствующая визуальная перепись, выполненная в Бонне. Она включает 454 875 звезд почти десятой звездной величины, и их положение достоверно примерно до одной угловой секунды.

Таким образом, создание этой важной работы стало результатом снимков с мыса комета; но это были не самые важные снимки. Они склонили чашу весов в пользу использования камеры, когда ММ. Продолжая наполовину завершенное предприятие Чакорнака по составлению эклиптических карт, Генри столкнулся с участками Млечного Пути, не поддающимися подсчету глазом и рукой. Полный успех некоторых предварительных экспериментов, проведенных с прибором, сконструированным ими специально для этой цели, был объявлен Академии наук в Париже 2 мая 1885 года. С его помощью звезды, оцененные как шестнадцатая звездная величина, четко фиксировали свое присутствие и свои местоположения; и об огромном приросте знаний можно судить по тому факту, что в пространстве Млечного Пути в созвездии

Лебедя 2 ° 15' на 3 °, где 170 звезд были нанесены на карту старым трудоемким методом, около пяти тысяч нанесли свои изображения на одну пластинку Генри.

Эти результаты наводили на мысль о грандиозном предприятии по общей фотографической съемке небес, и предложение Джилла от 4 июня 1886 года о созыве Международного конгресса с целью его проведения было встречено одобрительными возгласами и незамедлительно реализовано. Пятьдесят шесть делегатов семнадцати различных национальностей встретились в Париже 16 апреля 1887 года под председательством адмирала Мушеза, чтобы обсудить меры и организовать действия. Они решили составить Фотографическую карту всего неба, включающую звезды четырнадцатой величины, предполагаемым числом в двадцать миллионов; она должна быть дополнена Каталогом, составленным из пластинок со сравнительно короткой экспозицией, отсчитывающих начало от одиннадцатой величины. Вероятно, они составят около миллиона с четвертью. Для изготовления обоих комплектов пластин были сконструированы инструменты, точно такие же, как у ММ. Генри, представляющий собой фотографический рефрактор с апертурой тринадцать дюймов и фокусом одиннадцать футов, прикрепленный к направляющему телескопу с апертурой одиннадцать дюймов, с поправкой, конечно, на визуальные лучи. Каждое место занимает площадь в четыре квадратных градуса, и поскольку серия должна быть продублирована во избежание ошибок, только для составления Диаграммы потребуется около 22 000 табличек. Задача их подготовки была распределена между восемнадцатью обсерваториями, разбросанными по всему земному шару, от Мексики до Мельбурна; но три обсерватории в Южной Америке вышли из строя или бездействовали, и в 1900 году их заменили обсерваториями в Кордове, Монтевидео и Перте, Западная Австралия. Тем временем публикация результатов началась и, вероятно, будет продолжаться по меньшей мере четверть века. Первый том мер из Потсдамских каталожных табличек был выпущен в 1899 году, и его преемников, если использовать тот же масштаб, должно быть около 400. Более того, девяносто шесть увеличенных с помощью гелиогравюры парижских картографических таблиц, распространявшихся в том же году, послужили основой для расчета, что весь Атлас неба, составленный из похожих листов, составит стопку высотой тридцать футов и весом в две тонны!<sup>[1576]</sup> Однако это будет обладать неисчислимой научной ценностью. Ибо миллионы звезд могут быть определены с его помощью по их отпечатанным изображениям с точностью, сравнимой с той, которая достигается

при прямых наблюдениях на меридианах.

Одним из самых ярких сторонников плана, который, как можно ожидать, был реализован, был адмирал Мушез, преемник Леверье в руководстве Парижской обсерваторией. Но ему не было дано увидеть плоды своих усилий. Он скоропостижно скончался 25 июня 1892 года.<sup>[1577]</sup> Хотя он и не был астрономом по профессии, он был исключительно успешным в продвижении дела науки, которую он любил, в то время как его добродушный и открытый характер снискал ему широкое личное уважение. Его сменил М. Тиссеран, чьи математические познания позволили ему продолжить традиции Делоне и Леверье. Но и его карьера, к несчастью, была прервана непредвиденной смертью 20 октября 1896 года; и наиболее выдающиеся из многих качеств его преемника, меье Мориса Лоуи, носят практический характер.

Возвышенная проблема устройства небес не была забыта среди множества задач, возложенных на специалистов по астрономии в связи с ее быстрым развитием. Но данные гораздо более высокого порядка точности и бесконечно большие по объему, чем те, которыми располагают Гершель или Струве, должны быть накоплены, прежде чем станут возможными какие-либо определенные выводы по этому вопросу. Первая организованная попытка реализовать это пожелание была предпринята Немецким астрономическим обществом в 1865 году, через два года после его основания в Гейдельберге. Первоначальная программа состояла в *точном* определении местоположения всех звезд Аргеландера до девятой звездной величины (исключая полярную зону), из повторных наблюдений за которыми, скажем, в 1950 году астрономы последующих двух поколений смогут почерпнуть обширный запас знаний — непосредственно о видимых движениях, косвенно о взаимных связях, связывающих солнца и космические системы. Тринадцать обсерваторий в Европе и Америке подключились к работе, которая сейчас практически прекращена. После его создания сфера его охвата была расширена и включала южные зоны вплоть до Тропика Козерога; это стало возможным благодаря расширению Шенфельдом (1875-1885) исследования Аргеландера. Тридцать тысяч дополнительных звезд, полученных таким образом, были распределены по зонам пяти обсерваториям. Другим важным мероприятием того же класса является повторное наблюдение за 47 300 звездами в "*Истории Селесты*" Лаланда. Начатая под руководством Араго в 1855 году, она завершилась публикацией большого парижского каталога, выпущенного в восьми томах в период с 1887 по 1902 год. На основе тщательного изучения

вековых изменений их положения М. Боссерт уже вывел правильные движения пары тысяч из почти пятидесяти тысяч звезд, перечисленных в нем.

Благодаря неустанным трудам доктора Гулда в течение его пятнадцатилетнего пребывания в Кордове было достигнуто детальное знакомство с южными звездами. В его "*Уранометрии Аргентины*" (1879) перечислены величины 8198 из 10 649 звезд, видимых невооруженным глазом под этим прозрачным небом; 33 160 звезд с уменьшением звездной величины до  $9-1/2$  включены в его "зоны"; а Общий каталог Аргентины, включающий 32 468 южных звезд, был опубликован в 1886 году. Ценная работа того же рода была проделана в обсерватории Линдера Маккормика, Вирджиния, профессором О. Стоуном; в то время как "Каталог кейпов" покойного Редклифф Обсервер за 1880 год оказывает неоценимую помощь практическим астрономам к югу от линии, которая была подкреплена несколькими публикациями, выпущенными нынешним Королевским астрономом Кейпа. Более того, заслуживает почетного упоминания гигантская задача, начатая в 1860 году доктором Ч. Х. Ф. Питерсом, директором Личфилдской обсерватории в Клинтоне (Нью-Йорк), большая часть которой была завершена в 1882 году. Это было не что иное, как нанести на карту все звезды вплоть до четырнадцатой звездной величины и даже ниже, расположенные в пределах  $30^\circ$  по обе стороны от эклиптики, и таким образом обеспечить "надежную основу для выводов относительно изменений, происходящих на звездном небе".[1578]

Можно с достаточной уверенностью предсказать, что никакая работа подобного рода и для ее целей больше никогда не будет предпринята. Теперь за небольшую часть одной ночи звезды могут быть зарегистрированы более многочисленно и точнее, чем глазом и рукой самого опытного наблюдателя в течение года. Фундаментальные каталоги, составленные по старому, проверенному временем методу, будут по-прежнему служить незаменимыми отправными точками для измерений; и один из них особенно выдающийся был опубликован профессором Ньюкомбом в 1899 году;[1579] но относительное расположение маленьких скоплений звезд -сидерических  $\sigma$  и  $\rho$  — отныне будет определяться по их автографическим заявлениям на чувствительной пластинке. Даже второстепенная цель — обнаружение астероидов, которой служит детальное перечисление звезд, с большей уверенностью достигается фотографией, чем трудоемким визуальным сравнением. Ибо движение планеты проявляется за сравнительно короткое время,

превращая запечатленное изображение объекта, на который оно воздействует, из точки в след.

В сложном вопросе определения расстояний до звезд прогресс был устойчивым и, по всей видимости, быстро ускорится. Вместе, но независимо друг от друга, Гилл и Элкин провели в Кейпской обсерватории в 1882-83 годах поразительно точное исследование параллаксов девяти южных звезд. Одним из них была знаменитая звезда  $\alpha$  Центавра, расстояние которой от земли было установлено всего на треть больше, чем рассчитал Хендерсон. Параллакс Сириуса, с другой стороны, был удвоен, или расстояние до него уменьшилось вдвое; в то время как Канопус оказался совершенно неизмеримо удаленным — обстоятельство, которое, учитывая, что среди всего звездного множества его затмевает только сияющая звезда-Пес, дает потрясающее представление о его истинном великолепии и размерах.

Исследования такого рода в течение нескольких лет успешно проводились в обсерватории Дансинка, недалеко от Дублина. Ежегодные перспективные смещения были обнаружены доктором Брунновым у нескольких звезд, а у других повторно измерены с тщательностью, внушающей справедливое доверие. Его параллакс для  $\alpha$  Лиры ( $0.13''$ ) был достоверным, хотя и немного завышенным (окончательные результаты Элькина дали  $\pi = 0.082''$ ); и полученное значение параллакса быстро движущейся звезды Грумбридж 1,830' почти не отличается от полученного им в 1871 году ( $\pi = 0.09''$ ). Его преемник на посту королевского астронома Ирландии, сэр Роберт Ставелл Болл (ныне Лоундский профессор астрономии Кембриджского университета), хорошо послужил на том же факультете. Ибо, помимо приблизительной проверки параллакса Струве в полсекунды дуги для 61 Лебеда, он опроверг в 1811 году путем тщательного поиска (так называемых) "больших" параллаксов некоторые необоснованные предположения о сравнительной близости к земле в случае красных и временных звезд.<sup>[1580]</sup> Из 450 объектов, рассмотренных таким образом, только одна звезда седьмой величины, пронумерованная 1618 в Циркумполярном каталоге Грумбриджа, давала признаки измеримой близости. Аналогичным образом, разведка среди быстро движущихся звезд, недавно проведенная доктором Чейзом с помощью Йельского гелиометра.<sup>[1581]</sup> не выявила действительно больших параллаксов и только восемь заметных среди 92 объектов его экспериментов.

Вторая кампания по изучению звездного параллакса была предпринята Джиллом и Элкином в 1887 году. Но на этот раз два

наблюдателя находились в противоположных полушариях. Оба использовали гелиометры. Доктор Элкин отвечал за прекрасный инструмент, недавно установленный в обсерватории Йельского колледжа; сэр Дэвид Гилл использовал семидюймовый, только что изготовленный под его руководством в первоклассном стиле компанией Repsolds из Гамбурга. Доктор Элкин завершил в 1888 году свою часть более неотложной совместной программы, которая заключалась в определении путем прямого измерения среднего параллакса звезд первой величины. После нескольких исправлений для десяти северных светил оно составило  $0.098''$ , что эквивалентно путешествию света продолжительностью тридцать три года. Отклонения от этого среднего значения были, действительно, чрезвычайно велики. Две звезды, Бетельге и  $\alpha$  Лебеда, не подавали определенных признаков какого-либо смещения перспективы; из остальных Процион с параллаксом  $0.334''$  оказался ближайшим к нашей системе. На среднем расстоянии, рассчитанном для этих десяти ярких звезд, солнце было бы видно только пятой величины; следовательно, оно претендует на очень низкое положение среди космических солнц. Окончательные результаты сэра Дэвида Гилла были опубликованы в 1900 году.<sup>[1582]</sup> В качестве среднего параллакса одиннадцати самых ярких звезд южного полушария они дали  $0.13''$ , значение, увеличенное исключительной близостью к  $\alpha$  Центавра. Однако четыре из этих заметных объектов — Канопус, Ригель, Спика и  $\beta$  Креста - не дали никаких признаков перспективного ответа на ежегодное изменение нашей точки зрения. Список включал одиннадцать более слабых звезд с заметными собственными движениями, и большинство из них, как оказалось, имели довольно большие параллаксы. Среди других ценных вкладов в эту сложную отрасль можно привести, например, измерения Бруно Петером одиннадцати звезд с помощью лейпцигского гелиометра, 1887-92;<sup>[1583]</sup> Применение метода Каптейном по различиям в прямом восхождении к пятнадцати звездам, наблюдаемым на меридиане 1885-89;<sup>[1584]</sup> и более поздние аналогичные определения Флинта в Мэдисоне, Висконсин.<sup>[1585]</sup>

Огромная заслуга в том, что фотография стала доступной для зондирования небесных глубин, принадлежит профессору Притчарду. Объектом его первоначального эксперимента был  $\alpha$  Лебедь. Из измерений 200 негативов, сделанных в 1886 году, он вывел для этой классической звезды параллакс  $0.438''$ , что удовлетворительно согласуется с параллаксом Болла  $0.468''$ . Детальное изучение убедило королевского астронома в том, что его точность превосходит результаты Бесселя с помощью

гелиометра. Савилианский профессор выполнил свой проект по определению всех звезд второй величины числом около тридцати, [1586], которые удобно наблюдать в Оксфорде, получив в качестве общего результата исследования средний параллакс  $0 \cdot 056''$  для объектов такого ранга. Но это значение, хотя и вероятное само по себе, не может быть признано авторитетным ввиду определенных неточностей в работе, на которую ссылается Джейкоби, [1587] Герман Дэвис и Гилл. Тем не менее, этот метод обладает очень большими возможностями. Профессор Каптейн показал в 1889 году, [1588] практическую возможность получения параллаксов по пластинам, выставленным через определенные промежутки времени, и применил свою систему в 1900 году с обнадеживающим успехом к группе из 248 звезд. [1589] Очевидное отсутствие ложных сдвигов оправдало предложение продолжить составление астрографической карты с началом фотографического "Исследования параллакса".

Наблюдатели двойных звезд являются одними из самых достойных и должны быть одними из самых терпеливых и кропотливых работников в звездной астрономии. Их едва ли так много, как хотелось бы. Доктор Доберк, известный компьютер звездных орбит, жаловался в 1882 году [1590], что данные, достаточные для этой цели, не были собраны более чем для 30 или 40 двоичных файлов из пятисот, безусловно или вероятно находящихся в пределах досягаемости. Достигнутый с тех пор прогресс иллюстрируется полезным каталогом вычисляемых двоичных файлов мистера Гора, включающим пятьдесят девять записей, представленным Королевской ирландской академии 9 июня 1890 года. [1591] Мало кто сделал больше для восполнения дефицита материалов, чем покойный барон Эрколе Дембовски из Милана. Последние тридцать лет своей жизни, которые закончились 19 января 1881 года, он посвятил пересмотру Дерптского каталога и оставил после себя запас микрометрических мер, столь же многочисленных, сколь и точных.

Из ныне живущих наблюдателей в этой области мистер С. У. Бернхэм, несомненно, самый выдающийся. Занимаясь юридической деятельностью в Чикаго, он проводил свой скудный досуг, исследуя небо с помощью 6-дюймового телескопа, установленного у него на заднем дворе; в мае 1882 года он обнаружил тысячу близких и в основном очень сложных двойных звезд. [1592] Призванный в качестве главного ассистента в обсерваторию Нью-Лик в 1888 году, он возобновил работу по своему пристрастию с 36-дюймовыми и 12-дюймовыми рефракторами этого учреждения. Но, хотя большую часть своего



внимания он уделял столь необходимым повторным измерениям известных пар, он случайно разделил не менее 274 звезд, большинство из которых лежали за пределами разрешающей способности менее острого и эффективно улучшенного зрения. Одним из его многочисленных интересных открытий было открытие крошечного спутника Большой Медведицы (первого Указателя), который уже дает безошибочные признаки орбитального движения вокруг сияющего шара, к которому он прикреплен. Другая пара, к пегасы, обнаруженная в 1880 году, как было обнаружено в 1892 году, за это время более чем завершила кругооборот.[1593] Его период, составляющий чуть более одиннадцати лет, является самым коротким, приписываемым *видимой* двойной системе, за исключением периода  $\delta$  Equulei, предварительно определенного профессором Хасси в 1900 году в 5.7 лет,[1594] и, согласно спектроскопическим данным, необычайно кратким.[1595] Каталог Бернхэма из 1290 двойных звезд, открытых им с 1871 по 1899 год,[1596] представляет собой запись, представляющую беспрецедентный интерес. Почти все 690 включенных в него пар, расположенных на расстоянии 2' или менее 2' друг от друга, должны быть физически соединены; и они предлагают практически неограниченное поле для исследований; в то время как примечания, диаграммы и орбиты, обильно приложенные к различным записям, чрезвычайно полезны студентам и компьютерам. Автор продолжает свои исследования в Йеркской обсерватории, покинув учреждение Лика в 1892 году. Первая полная регистрация южных двойных звезд была произведена мистером Р. Т. А. Иннесом в 1899 году.[1597] Перечисленные пары составляют двадцать один процент. из них, разделенных менее чем одной угловой секундой, насчитывается 2140. Среди них 305, открытых им самим. Доктор Си собрал богатый урожай из почти 500 новых южных пар с помощью 24-дюймового рефрактора Лоуэлла в 1897 году.[1598] Количество открытий профессора Хафа в более северных зонах составляет 623;[1599] Хасси приблизился к 350, а у Эйткена уже перевалило за 300.

Пока нет уверенности в том, что звезды 61 Лебеда образуют истинную двойную комбинацию. М-р Бернхэм, действительно, считает, что они находятся на пути окончательного разделения; и наблюдения профессора Холла в Вашингтоне с 1879 по 1891 год, хотя и говорят в пользу их физической связи, далеки от решающего решения в этом вопросе.[1600] Доктор Уилсинг на основании определенных аномальных смещений их



сфотографированных изображений в 1893 году пришел к выводу[1601] присутствие невидимого третьего элемента системы, вращающегося в период в двадцать два месяца; но замеченные им эффекты, вероятно, были иллюзорными.

Важная серия наблюдений двойных звезд была сделана Перротином в Ницце в 1883-4 годах;[1602] Холлом, с 26-дюймовой экваториальной точки Вашингтона, с 1874 по 1891 год;[1603] Скиапарелли с 1875 года; Гласенаппом, О. Стоуном, Ливенвортом, Сибруком и многими другими. Наконец, редакция каталога Пулковой, сделанная профессором Хасси[1604] - это работа в стиле *teres atque rotundus*, которая практически не оставляет желать ничего лучшего. Методы, используемые при определении двойных звезд, в начале двадцатого века оставались по существу неизменными. Камера практически не вторгалась в эту часть области действия микрометра.[1605]

Поразительное исследование происхождения двойных звезд было опубликовано в 1892 году доктором Т. Дж. Дж. Си в форме первой диссертации на соискание докторской степени в Берлинском университете. Главным результатом было показать мощные эффекты приливного трения в описании хода их развития от двойных туманностей, вращающихся почти соприкасаясь, до двойных солнц, удаленных друг от друга, но неразделимых. Было показано, что высокие эксцентриситеты их возможных орбит являются неизбежным результатом такого способа воздействия, который должен с огромной силой воздействовать на тесно соединенные, почти равные массы, такие как быстро вращающиеся пары, обнаруженные спектроскопом. То, что они все еще находятся на ранней стадии своей истории жизни, вероятно само по себе и подтверждается чрезвычайно малой плотностью, указанной для затменных звезд отношением длительности фазы к периоду.

Звездная фотометрия, инициированная старшим Гершелем и снабженная точными методами его сыном на Кейпе, Штайнхайлем и Зайделем в Мюнхене, в последние годы приобрела значение отдельного отдела астрономических исследований. Таким образом, две монументальные работы на эту тему, составленные по разные стороны Атлантики, были надлежащим образом объединены при награждении Золотой медалью Королевского астрономического общества в 1886 году. Обсерватория Гарвардского колледжа прокладывала путь под умелым руководством профессора Э. К. Пикеринга. Его фотометрический каталог из 4260 звезд,[1606], составленный на основе почти 95

000 наблюдений интенсивности света в 1879-82 годах, представляет собой рекорд неисчислимой ценности для обнаружения и оценки звездной изменчивости. За ним в 1885 году последовала работа профессора Притчарда "Uranometria Nova Ohoiensis", включающая фотометрические определения величины всех звезд, видимых невооруженным глазом, от полюса до десяти градусов к югу от экватора, число которых составило 2784. Используемым прибором был "клиновидный фотометр", который измеряет яркость по сопротивлению угасанию. Клин из стекла нейтрального оттенка, точно разделенный по шкале, помещается на пути звездных лучей, когда толщина его, которую они могут преодолеть, служит критерием их интенсивности. С другой стороны, "меридианный фотометр" профессора Пикеринга основан на принципе Зеллнера выравнивания, осуществляемого поляризационным прибором. В конце концов, однако, как заметил профессор Притчард, "глаз - это настоящий фотометр", и его суждения могут быть верны только в ограниченном диапазоне. [1607], таким образом, абсолютного единообразия в оценках, сделанных различными средствами, в различных условиях и разными наблюдателями, искать не следует; и удовлетворительно считать, что существенное согласие достижимо. Лишь у незначительной части звезд, общих для Гарвардского и Оксфордского каталогов, обнаружены расхождения, превышающие одну треть звездной величины; большая часть (71%) согласуется в пределах одной четвертой, значительное меньшинство (31%). в пределах одной десятой магнитуды.[1608] Гарвардская фотометрия была расширена в том же масштабе до противоположного полюса в каталоге величин 7,922 южных звезд,[1609] основана профессором Наблюдения Бейли в Перу, 1889-91. Впоследствии на первичном предприятии были проведены еще более комплексные измерения. С помощью меридианного фотометра повышенной мощности за 1891-98 годы было произведено удивительное количество 473 216 настроек, почти все самым неутомимым директором, и они предоставили материалы для "Фотометрического исследования", опубликованного в 1901 году, включая все звезды до  $7 \cdot 5$  звездной величины к северу от склонения  $-40^\circ$ . [1610] Фотометрическая зона шириной  $20^\circ$  в течение некоторого времени наблюдалась в Потсдаме М. Мюллером и Кемпфом. Используемый ими прибор сконструирован по принципу поляризации, адаптированному Зеллнером.

Тем временем фотографическая фотометрия приобрела значение, во всяком случае, превышающее значение визуальной фотометрии. Ибо полезность большой международной звездной

карты, которая сейчас готовится, была бы серьезно скомпрометирована систематическими ошибками в отношении величин зарегистрированных на ней звезд. Однако пока не найдено полностью надежных средств их определения. Нет уверенности в относительном времени экспозиции, необходимом для получения изображений звезд, представляющих последовательные фотометрические ряды. Все, что можно сделать, - это измерить пропорциональные диаметры таких изображений и вывести, применяя закон, усвоенный из опыта, различные интенсивности света, которым они соответствуют. Закон, действительно, не прост и не постоянен. Разные исследователи пришли к разным формулам, которые, будучи чисто эмпирическими, меняют свою природу в зависимости от условий эксперимента. Вероятно, наилучшим способом преодоления этой трудности является предложенный Пикерингом метод одновременной фотосъемки звезды и ее вторичного изображения, яркость которых уменьшена на известную величину. [1611] Результаты его использования будут представлены в каталоге из 40 000 звезд десятой величины, по одной на каждый квадратный градус неба. Фотографическая фотометрия всех ярких звезд, построенная по образцу визуальной фотометрии 1884 года, обещана из того же обильного источника новинок. Величины звезд в Каталоге Дрейпера определялись, так сказать, спектрографически. Величиной, измеренной во всех случаях, была интенсивность линии водорода вблизи G. При использовании этого определенного и единообразного теста были получены результаты, действительно имеющие особую ценность, но сильно расходящиеся с результатами, полученными при менее исключительных определениях.

Мысль, тем временем, не может оставаться в стороне от великой темы, на иллюстрацию которой в будущем тратится столько терпеливого труда. Нам также не отказывают в частичных проблесках отношений, которые полностью можно обнаружить, возможно, только благодаря столетиям тяжелого труда. Некоторые важные моменты космической экономики, действительно, стали совершенно ясны за последние пятьдесят лет и вряд ли уже допускают расхождения во мнениях. Один из них касается истинного состояния туманностей.

Этот вопрос был практически решен описанием сэром Дж. Гершелем в 1847 году структуры магеллановых облаков; но только после того, как Уэвелл в 1853 году и Герберт Спенсер в 1858 году, [1612] подтвердили выводы, которые необходимо было сделать из этого, что концепция туманностей как удаленных

галактик, разрешение которых лордом Россом многие звездные точки, которые, казалось, имели поддержку, начали уходить в область отброшенных и полузабытых спекуляций. В Нубекулах, как настаивал Уэвелл,<sup>[1613]</sup> "в ограниченном пространстве и в произвольном расположении сосуществуют звезды, скопления звезд, туманности, правильные и нерегулярные, а также туманные полосы и пятна. Таким образом, это разные виды вещей сами по себе, а не просто отличающиеся от нас. Существуют такие явления, как туманности, соседствующие со звездами и со звездными скоплениями. Разрешимая туманная материя находится рядом с неразрешимой туманной материей".

Этот аргумент о сосуществовании почти в одном и том же регионе пространства, повторенный и подкрепленный другими мистером Спенсером, был выдвинут с присущей ему силой и свежестью мистером Проктором. На это нет ответа. Невозможно утверждать, что туманности являются просто удаленными звездными мирами перед лицом такого скопления, как Большая Нубекула, содержащего в своих (безусловно, вместительных) недрах как звезды, так и туманности. Добавьте к этому факты о том, что значительная часть этих загадочных объектов газообразна и что, очевидно, существует тесная связь между способом их рассеяния и расположением Млечного Пути, и становится невозможно удержаться от вывода, что и туманные, и звездные системы являются частями единой схемы.<sup>[1614]</sup>

Что касается самих звезд, то предположение об их приблизительной однородности по размеру и яркости было фактически опровергнуто. Различия в расстоянии больше не могут быть использованы для объяснения непохожести блеска. Обнаружено, что крошечные шары, совершенно невидимые без оптической помощи, находятся к нам бесконечно ближе, чем такие излучающие объекты, как Канопус, Бетельге или Ригель. Более того, интенсивность света воспринимается как очень несовершенный показатель реальной величины. Яркие солнца отклоняются от своего курса из-за притягательной силы массивных, но слабо светящихся спутников и подвергаются затмению из-за неясного вмешательства. Кроме того, теперь известно, что эффективный блеск зависит не меньше от свойств окружающей атмосферы, чем от протяженности и мощности излучения поверхности звезды. Красные звезды должны быть намного крупнее по отношению к рассеиваемому ими свету, чем белые или желтые звезды.<sup>[1615]</sup> Не может быть сомнений в том, что наше солнце по крайней мере удвоило бы свою яркость, если бы поглощение его лучей было уменьшено до сирианского

стандарта; и, с другой стороны, что оно потеряло бы половину своей нынешней эффективности в качестве источника света, если бы атмосфера, частично скрывающая его величие, стала такой же плотной, как атмосфера Альдебарана.

Таким образом, на небесах наблюдается изобилие всевозможного разнообразия; и следует признать, что вытекающая отсюда ненадежность всех гипотез относительно относительных расстояний отдельных звезд необычайно усложняет вопрос об их размещении в пространстве. Тем не менее, даже по этому вопросу было кое-что выяснено; и тенденция современных исследований в целом убедительно подтверждает взгляды, высказанные Гершелем в 1802 году. Затем он больше не рассматривал Млечный Путь как простой визуальный эффект чрезвычайно протяженного слоя звезд, а как реальное скопление, крайне неправильной структуры, состоящее из звездных облаков, групп и узелков. Все установленные с тех пор факты согласуются с этой концепцией, к которой Проктор добавил аргументы в пользу точки зрения, принятой Барнардом[1616] и Истоном,[1617] что звезды, образующие галактический поток, не только расположены более близко друг к другу, но и на самом деле, а также по видимости, имеют меньшие размеры, чем светлые сферы, усеивающие наше небо. В результате трудоемкого процесса изографического построения всех 324 000 звезд Аргеландера в 1871 году он выявил[1618] признаки взаимосвязи между распределением более ярких звезд и сложными разветвлениями Млечного Пути, которые были признаны достоверными в результате недавних статистических исследований Ньюкомба. [1619] Кроме того, наблюдается заметное сгущение звезд, особенно в южном полушарии, в направлении большого круга, наклоненного примерно на двадцать градусов к плоскости галактики; и Гулд предположил, что они образуют вместе с Солнцем подчиненное скопление, компоненты которого видны в проекции на небо как зона ярких звезд.[1620] Зона, однако, имеет галактическое, а не солнечное сродство и представляет собой, возможно, не группу, а поток.

Набирает силу идея о том, что Млечный Путь в своих основных очертаниях имеет спиральную форму и что, следовательно, его различные ответвления и секции расположены на очень разных расстояниях от нас. Проктор дал предварительную интерпретацию их сложностей на основе этого принципа, и Истон из Роттердама[1621] возобновил попытку с большим успехом.

Наиболее впечатляющее очертание Млечного Пути, завершенное

в 1889 году, после пяти лет труда, доктором Отто Бедикером, астрономом лорда Росса в Парсонстауне, было опубликовано литографированным способом в 1892 году. На нем была изображена удивительно сложная структура, состоящая из тускло светящихся потоков, обрывков и пятен, перемешанных с темными промежутками и каналами. Ответвления от главного ствола уходили к туманности Андромеды и скоплению "Пчелиный улей" в Раке, включали Плеяды и Гиады и, огибая созвездие Ориона, как раз достигали туманности Рукояти Меча. Едва были нанесены последние тонкие штрихи к картине, как трудоемкий метод "глаз-рука" был в этой части, как уже во многих других, заменен более быстрым процессом. Профессор Барнард сделал первые в истории фотографии настоящего Млечного Пути 28 июля, 1 и 2 августа 1889 года в обсерватории Лик. Для успеха требовались особые условия; прежде всего, широкое поле зрения и хорошее восприятие света, что обеспечивалось использованием 6-дюймового портретного объектива. Даже при этом чувствительной пластинке потребовалось несколько часов, чтобы выделить чрезвычайно слабые звезды, собранные в галактических облаках. Их невозможно сфотографировать в туманном аспекте, который они представляют глазу; камера фиксирует их реальную природу и регистрирует составляющие их звезды ранг за рангом. Отсюда сложность их обнаружения. "На фотографиях, сделанных с помощью 6-дюймового портретного объектива, - писал профессор Барнард, - помимо мириадов звезд, впервые показаны огромные и удивительные формы облаков со всей их замечательной структурой полос, дыр, черных разрывов и россыпей звезд. Они представляют нам эти формы во всей их утонченности и красоте, поскольку ни один глаз или телескоп не может надеяться увидеть их".[1622] На фото VI. воспроизведен один из этих странных галактических пейзажей. Это происходит в Носовой части Стрельца, недалеко от Трехгранной туманности, где скопления Млечного Пути более чем обычно разнообразны и характерны. Одна из их отличительных черт выступает на первый план.

ТАБЛИЧКА VI.



Область Млечного Пути в созвездии Стрельца — показывает двойное черное отверстие.

Фотография сделана профессором Э. Э. Барнардом.

Можно заметить, что яркая масса ближе к центру пластины пронизана темными отверстиями и изрезана темными полосами. Такие перебои постоянно повторяются в Млечном Пути. В наибольшем масштабе они представлены в великом разломе, разделяющем его на две ветви на всем пути от Лебедя до Крукса; и они воспроизведены в миниатюре во многих скоплениях.

Мистер Х. К. Рассел в Сиднее в 1890 году успешно подражал



примеру профессора Барнарда.[1623] Его фотографии южного Млечного Пути представляют много интересного. На них виден большой разлом, черный для глаза, но густо усыпанный звездами для восприятия химической сетчатки; в то время как "Угольный мешок" кажется абсолютно темным только в своей северной части. Однако самым замечательным его открытием было открытие спирального характера двух Нубекул. При эффективной экспозиции в четыре с половиной часа Большое Облако приобрело вид "сложной спирали с двумя центрами"; в то время как аналогичная форма его меньшего спутника проявилась только после восьми часов постоянного актинического воздействия. Это откровение полно значения.

Едва ли в меньшей степени, хотя и другим способом, на снимках, сделанных доктором Максом Вольфом с помощью 5-дюймового объектива в июне 1891 года, видна чрезвычайно протяженная туманность, приводящая некоторые из ведущих звезд Лебедя в очевидную органическую связь с грудой галактической звездной пыли, также присутствующими в ней.[1624] Барнард аналогичным образом обнаружил, что большие участки Млечного Пути являются фотографически туманными, и вывод кажется неизбежным, что мы видим в нем потрясающую смешанную систему, напоминающую Плеяды по составу, хотя и сильно отличающуюся от нее по плану строения. Более того, подтверждающим свидетельством является открытие, независимо сделанное на основе фотографических обзоров Джилла и Пикеринга, что звезды первого типа спектра в основном преобладают в галактической зоне небес.[1625] По мере приближения к этой зоне Каптейн заметил устойчивый рост интенсивности актиники относительно визуальной яркости в звездах, изображенных на пластинах мыса Дурчмустерунг.[1626] Другими словами, свет звезд в Млечном Пути *голубее*, чем в других местах. И реальность примитивного характера, который, следовательно, должен быть выведен для всей структуры, была в некотором роде подтверждена наблюдением м—ра Маклина о том, что гелиевые звезды — предполагаемые непосредственные продукты образования туманной материи - толпятся к ее средней плоскости.

Первый шаг к разгадке запутанной паутины звездных движений был сделан, когда Гершель установил реальность и указал направление движения Солнца. Но постепенное смещение назад всего небесного пейзажа, среди которого мы продвигаемся, объясняет лишь часть наблюдаемых перемещений. Звезды движутся сами по себе, помимо тех, которые отражаются на них



от наших. Однако все попытки понять общую схему этих движений до сих пор терпели неудачу. И все же они не остались полностью бесплодными. Общность медленных движений у Тельцов, на которой Медлер основал свою знаменитую теорию, оказалась фактом, имеющим очень широкое значение.

В 1870 году мистер Проктор предпринял попытку наметить направления и пропорциональное количество примерно 1600 правильных движений, как это было определено господами Дж. Стоуна и Мэйна, в результате чего было обнаружено замечательное явление, названное им "дрейфом звезд".<sup>[1627]</sup> Совершенно безошибочно было видно, что большие группы звезд, в остальном явно разобщенные, движутся по небу вместе, в одном направлении и с одинаковой скоростью. Примером такого рода единодушия, как он утверждал, были пять промежуточных звезд Плуга; и то, что согласие в прямолинейном движении не является случайным, практически демонстрируется согласованными лучевыми скоростями, определенными в Потсдаме для четырех из пяти рассматриваемых объектов. Все они приближаются к земле со скоростью около восемнадцати миль в секунду; и можно считать, что пятая, самая слабая,  $\delta$  Ursæ, хотя еще и не измеренная, разделяет их продвижение. Более того, один из них,  $\zeta$  Ursæ, он же Мицар, несет с собой три другие звезды — Алькор, арабский "Всадник" на лошади, видимый невооруженным глазом, помимо телескопа и спектроскопа. Так что группу можно рассматривать как восьмеричную. Она обширна. Доктор Хеффлер присвоил ему в 1897 году<sup>[1628]</sup> — хотя и на более или менее гипотетических основаниях — средний параллакс, соответствующий путешествию света продолжительностью 192 года, что дало бы марширующей эскадрилье общую протяженность, по крайней мере, в четырнадцать раз превышающую расстояние от солнца до  $\alpha$  Центавра, подразумевая при этом для ее самого яркого члена -  $\epsilon$  Ursæ Майорис — сияние шестисот солнц. Организующий принцип этой грандиозной схемы должен надолго остаться загадочным.

Это не единственный пример. Действительно, особая ассоциация — как предположил Мичелл еще в восемнадцатом веке — по-видимому, является скорее правилом, чем исключением в звездной системе. Звезды связаны вместе парами, тройками, десятками, сотнями. Наше собственное солнце, возможно, не исключено из этой склонности к стадности. Однако поиски его спутников до настоящего времени были безрезультатными. Скопление Гулда<sup>[1629]</sup> кажется далеким и неосязаемым;

Коллекция солнечных звезд Каптейна оказалась результатом ошибочных данных и была уничтожена его неумолимой промышленностью. Скорее всего, мы, по-видимому, обеспечили себе отдельное купе для нашего долгого путешествия в космосе. Во всяком случае, была достигнута практическая уверенность в том, что любая совокупность, содержащая Солнце в качестве составной части, имеет гораздо более рыхлое строение, чем Плеяды или Прозепа. Во всех таких величественных сообществах законы и революции пока остаются недоступными для изучения; могут пройти столетия, прежде чем начнет развиваться даже элементарное знакомство с ними; в то время как экономика ассоциаций более высокого порядка, которую, как мы должны разумно полагать, они создают, объединяясь, возможно, будет продолжать стимулировать и сбивать с толку человеческое любопытство до скончания веков.

## СНОСКИ:

- [1369] *Отчет британца. Доц.*, 1868, с. 166. Резерферд дал рудиментарный набросок классификации такого рода в декабре 1862 года, но основанный на несовершенных наблюдениях. См. *Ат. Журнал научных исследований.*, том. xxxv., стр. 77.
- [1370] *Публикация*, Потсдам, № 14, 1884, стр. 31.
- [1371] Фон Конколи *однажды* извлек из медленно движущегося метеорита гидроуглеродный спектр. А. С. Гершель, *Природа*, том. xxiv., с. 507.
- [1372] *Фил. Пер.*, т. кл., стр. 429.
- [1373] *Журнал науки*, том xix., стр. 467.
- [1374] *Фото. Унтерс.*, стр. 243.
- [1375] *Spectre Solaire*, стр. 38.
- [1376] Мистер Дж. Бирмингем во Введении к своему Каталогу красных Звезд привел различные примеры изменения цвета в направлении, противоположном тому, которое Зеллнер считал неизбежным результатом времени. *Пер. Р. Ирландской академии.*, том. xxvi., стр. 251. Более того, ученая дискуссия доктора Т. Дж. Дж. Си подтверждает веру в то, что Сириус был абсолютно красным восемнадцать столетий назад. *Astr. и Astrophys.*, том xi., стр. 269.
- [1377] *Фил. Пер.*, т. clxiv., стр. 492.
- [1378] *Astr. Nach.*, No. 2,000.
- [1379] *Процедура. Соч.*, т. xvi, с. 31; xvii, с. 48.
- [1380] *Аннален дер Физик*, Bd. xx., стр. 155.
- [1381] *Там же.*, стр. 153.
- [1382] *Знание*, том xiv., стр. 101.
- [1383] *Метеоритная гипотеза*, стр. 380.
- [1384] *Фил. Пер.*, вып. cxci. А., стр. 128; *Спектры южных звезд*, стр. 3.
- [1385] Смотрите авторскую *систему звезд*, стр. 84.

- [1386] Обозначение, примененное сэром Норманом Локьером к звездам третьего типа.
- [1387] См. *ante*, стр. 198.
- [1388] *Bothkamp Beobachtungen*, Heft ii., стр. 146.
- [1389] *Astr. Nach.*, No. 2,539.
- [1390] *Ibid.*, No. 2,548; *Observatory*.
- [1391] *Месяц. Не т.*, том. xlvii., стр. 92.
- [1392] *Опубл. Astr. Рас. Soc.*, том i, стр. 80; *Обсерватория*, том ii. xiii., с. 46.
- [1393] *Локьер, профессор Рой. Соч.*, том. lvii., стр. 173.
- [1394] *Astr. Nach.*, No. 3,129.
- [1395] *Месяц. Не.*, том lix., стр. 505.
- [1396] *Astr. Nach.*, No. 2,581.
- [1397] *Там же.*, № 2,651-2.
- [1398] *Там же.*, № 3,051; *Астрофизика*, том xi., стр. 25; Белополюский, *Астрофизика. Nach.*, No. 3,129.
- [1399] *Comptes Rendus*, т. lxx., стр. 292.
- [1400] *Коперник*, том iii., стр. 207.
- [1401] *Система звезд*, стр. 70; *Harvard Annals*, vol. xxviii, часть ii, стр. 243 (мисс Кэннон).
- [1402] *Изд-во Потсдама*, № 14, стр. 17.
- [1403] *Процедура. Соч.*, том. xlix., стр. 33.
- [1404] Мисс А. Дж. Кэннон, *Гарвардские анналы*, том. xxviii., часть ii., стр. 141.
- [1405] *Astr. и Astrophys.*, vol. xiii., с. 448.
- [1406] *Изд-во Потсдама*, № 2.
- [1407] Результаты расширения Фон Конколи работы Фогеля до 15 ° южного склонения были опубликованы в *O Gyalla Beobachtungen*, Bd. viii., Th. ii., 1887.

- [1408] *Астроф. Jour.*, vols. viii., с. 237; ix., с. 271.
- [1409] *Там же.*, том ix., стр. 119.
- [1410] *Фил. Пер.*, т. кл., стр. 413. Некоторые предварительные результаты были изложены в "записке", направленной Королевскому обществу 19 февраля 1863 г. (*Proc. Roy. Soc.*, том xii., стр. 444).
- [1411] *Bothkamp Beob.*, Heft i., стр. 25.
- [1412] *Астроф. Журнал.*, том vi., стр. 423.
- [1413] *Фил. Пер.*, вып. cliv., стр. 429, *примечание.*
- [1414] *Месяц. Нет.*, том. xxiii., стр. 180.
- [1415] *Процедура. Соч.*, том xxv., стр. 446.
- [1416] *Фил. Пер.*, вып. clxxi., стр. 669; *Атлас звездных спектров*, стр. 22.
- [1417] *Astr. Нач.*, № 2,301; *Monatsb.*, Берлин, 1879, стр. 119; 1880, стр. 192.
- [1418] *Журнал. de Physique*, т. v., стр. 98.
- [1419] *Система звезд*, стр. 39.
- [1420] См. *ante*, стр. 198.
- [1421] *Процедура. Соч.*, том. xlviii., стр. 314.
- [1422] *Циркуляры Гарварда*, № 12, 18; *Астроф. Журнал.*, т. v., с. 92.
- [1423] *Астроф. Журнал.*, том vi., стр. 233.
- [1424] МакКлин, *Фил. Пер.*, том. cxci. A., стр. 129.
- [1425] *Процесс. Соч.*, том. lxii., стр. 417.
- [1426] *Там же.*, 27 апреля 1899 г.; *Астроф. Jour.*, vol. x., p. 272.
- [1427] *Astr. Nach.*, No. 3,565.
- [1428] *Там же*, № 3,583.
- [1429] Лунт, *Астроф. Журнал.*, т. xi., с. 262; *Протокол. Соч.*, вып. lxvi., стр. 44; Локьер, *там же.*, 23 ноября 1899 г.; *Природа*, том lxi., стр. 263.

- [1430] *Матрица спектрального анализа*, стр. 314.
- [1431] *Мемориал Генри Дрейпера, Первой анны. Отчет*, 1887г.
- [1432] *Память. Амер. Acad.*, том xi., стр. 215.
- [1433] *Harvard Annals*, том. xxvii.
- [1434] *Harvard Annals*, том. xxviii, части i и ii.
- [1435] См. *ante*, стр. 201.
- [1436] *Фил. Пер.*, том. clviii., стр. 529.
- [1437] Шеллен, *Спектральный анализ*, Bd. ii., стр. 326 (изд. 1883).
- [1438] *Протокол. Соч.*, том xx., стр. 386.
- [1439] *Звездная система*, стр. 199.
- [1440] Пикеринг, *доктор технических наук*, т. xxxix., стр. 46; Фогель, *Astr. Nach.* No. 3,017.
- [1441] *Ситцунгсберихте*, Берлин, 2 мая 1901 г.; *Астроф. Jour.*, vol. xiii., с. 324.
- [1442] "Относительная орбита" двойной звезды - это орбита, описываемая одним витком вокруг другой как неподвижная точка. Микрометрические измерения всегда выполняются таким образом. Но в действительности обе звезды движутся в противоположных направлениях и со скоростями, обратными скорости вращения их масс вокруг общего центра тяжести.
- [1443] Фогель, *Астр. Nach.*, Nos. 3,017, 3,039.
- [1444] Хаггинс, *президент. Address*, 1891; Cornu, *Sur la Méthode Doppler-Fizeau* p. D. 38.
- [1445] *Sitzungsb.*, Берлин, 1890, стр. 401; *Astr. Nach.*, No. 2,995.
- [1446] *Там же*.
- [1447] *Астроф. Журнал.*, том v., стр. 1; Newall, *Месяц. Нет.*, том. lvii., стр. 575.
- [1448] *Бычий текст. академия. Сен-Петросян.*, тт. vi., viii.
- [1449] *Астроф. Журнал.*, том x, стр. 177; *Месяц. Не.*, том lx., стр. 418; Фогель, *Sitzungsb.*, Берлин, 19 апреля 1900 г.
- [1450] *Месяц. Не.*, том lx., стр. 595.

[1451] Хасси, *Астр. Журнал.*, № 484.

[1452] *Астроф. Журнал.*, т. х, с. 180; xiv, с. 140; *Информационный бюллетень*, № 4; Белопольский, *Астр. Nach.*, No. 3,637.

[1453] Значение названия "Эль Гуль" не оставляет сомнений в том, что арабские астрономы обратили внимание на изменчивость этой звезды. Э. М. Клерк, *Обсерватория*, том xv., стр. 271.

[1454] *Фил. Пер.*, том. lxxiii., стр. 484.

[1455] *Процедура. Амер. Acad.*, том xvi, стр. 17; *Обсерватория*, том iv, стр. 116. Предварительный очерк Т. С. Алдиса см. *Phil. Mag.*, том. xxxix., стр. 363, 1870.

[1456] *Astr. Nach.*, No. 2,947.

[1457] *Astr. Jour.*, Nos. 165-6, 255-6, 509. См. также *Знание*, том xv., стр. 186.

[1458] Баушингер, *V. J. S. Astr. Ges.*, Jahrg. xxix.; но ср. Сирл, *Гарвардские анналы*, том xxix., стр. 223; Босс, *Астр. Журнал.*, № 343.

[1459] *Comptes Rendus*, t. cxx., стр. 125.

[1460] Майерс, *Астроф. Журнал.*, том vii., стр. 1; А. В. Робертс, *Там же.*, том xiii., стр. 181.

[1461] *Протокол заседания Ирландского парламента*, июль 1884г.

[1462] *Там же.*, том первый, стр. 97.

[1463] *Astr. Jour.*, Nos. 179, 180.

[1464] *Там же.*, № 300, 379.

[1465] *Astr. Jour.*, Nos. 491-2.

[1466] *Звездная система*, стр. 125.

[1467] *Обработка. Соч.*, том xv., стр. 146.

[1468] Вайс, *Астр. Нач.*, № 1590; Espin, *Там же.*, № 3200.

[1469] *Comptes Rendus*, t. lxxxiii., стр. 1172.

[1470] *Monatsb.*, Берлин, 1877, стр. 241, 826.

[1471] *Коперник*, том ii., стр. 101.

- [1472] Бернем, *Месяц. Не.*, том ii., стр. 457.
- [1473] *Astr. Nach.*, No. 2,682.
- [1474] А. Холл, *доктор технических наук*, том. xxxi., стр. 301.
- [1475] Янг, *Сид. Вестник*, том iv., стр. 282; Хассельберг, *Astr. Nach.*, No. 2,690.
- [1476] *Отчет британца. Доц.*, 1885, с. 935.
- [1477] *Месяц. Не.*, том. xlvii., стр. 54.
- [1478] *Природа*, том. xxxii., стр. 522.
- [1479] *Astr. Nach.*, Nos. 1,267, 2,715.
- [1480] *Месяц. Не.*, том xxi., стр. 32.
- [1481] *Обсерватория*, том. viii., с. 335.
- [1482] *Astr. Нач.*, № 3,118; *Астр. и астроф.*, т. xi., стр. 907.
- [1483] *Результаты Cape*, стр. 137.
- [1484] *Trans. R. Soc. of Edinburgh*, vol. xxvii., стр. 51; *Astr. и Astrophys.*, август 1892 г., стр. 593.
- [1485] Фогель, *астр. Nach.*, No. 3,079.
- [1486] *Обсерватория*, том xv., стр. 287; Зелигер, *Astr. Нач.*, № 3,118; *Astr. и Astrophys.*, т. xi., стр. 906.
- [1487] Раньярд, *Знание*, том xv., стр. 110.
- [1488] *Процедура. Соч.*, том ii, стр. 492.
- [1489] Бернем, *Месяц. Не.*, том. liii., стр. 58.
- [1490] *Astr. Nach.*, Nos. 3,118, 3,143.
- [1491] Ренц, *Там же.*, № 3,119, 3,238; Хаггинс, *Астрофиз.*, том. xiii., с. 314.
- [1492] *Astr. Nach.*, No. 3,111.
- [1493] Белопольский, *астр. Nach.*, No. 3,120.
- [1494] *Природа*, 15 сентября 1892г.
- [1495] *Astr. Nach.*, Nos. 3,122, 3,129.



- [1496] *Там же.*, № 3,133; *Astr. и Astrophys.*, том xi., стр. 715.
- [1497] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том iv., стр. 244.
- [1498] Барнард, *Астроф. Журнал.*, том xiv., стр. 152; Кэмпбелл, *Обсерватория*, том. xxiv., с. 360.
- [1499] *Всплывающее окно. Astr.*, март 1895 г., стр. 307.
- [1500] *Гарвардский циркуляр*, № 4, 20 декабря 1895 г. Первая Новая Персея была спектрографически зарегистрирована в 1887 году.
- [1501] Фогель, *Sitzungsb.*, Берлин, 19 апреля 1900 г., стр. 389.
- [1502] Сидгривз, *Обсерватория*, том. xxiv., с. 191.
- [1503] *Там же.*, *Знание*, том xxv., стр. 10.
- [1504] *Бюллетень Lick*, № 8.
- [1505] *Astr. Nach.*, No. 3,736.
- [1506] *Астроф. Jour.*, vol. xiv., p. 167.
- [1507] *Бюллетень Lick*, № 10.
- [1508] *Астроф. Jour.*, vols. xiv., p. 293; xv., p. 129.
- [1509] Ср. теории по этому вопросу М. Вольфа, *Astr. Нач.*, № 3752, 3753; Картеун, *Там же*, № 3756; F. W. Very, *там же*, № 3771; и W. E. Wilson, *Proc. Roy. Дублинский журнал.*, № 45, стр. 556.
- [1510] *Фил. Пер.*, т. кл., стр. 437.
- [1511] *Фил. Пер.*, том. clviii., стр. 540. Истинная пропорция, по-видимому, составляет около одной десятой (*Harvard Annals*, vol. xxvi., часть ii., стр. 205), рабочий список Tulse Hill был сформирован из специально отобранных объектов.
- [1512] Шайнер, *Астр. Нач.*, № 3476; *Астроф. Журнал.*, том vii., стр. 231; Кэмпбелл, *Там же.*, том ix., стр. 312; x., стр. 22.
- [1513] *Процедура. Соч.*, тома. xlvi., стр. 40; xlviii., стр. 202.
- [1514] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 265; *Протокол. Соч.*, том. xlix., стр. 399.
- [1515] *Astr. Nach.*, No 3,549.
- [1516] *Атлас звездных спектров*, стр. 125.

[1517] *Знание*, том хix., стр. 39.

[1518] *Astr. Нач.*, № 1,366, 1,391, 1,689; Палаты, *Описательный список* (3-е изд.), стр. 543; Фламмарион, *Сидеральный университет*, стр. 818.

[1519] *Месяц. Не.*, том ii, стр. 94.

[1520] *Там же.*, том lix., стр. 372.

[1521] *Там же.*, том lx., стр. 424.

[1522] Дрейер, *Там же.*, том ii., стр. 100.

[1523] *Wash. Obs.*, том xxv., приложение. 1.

[1524] . *Журнал Sc.*, том xiv., стр. 433; К. Дрейер, *месяц. Не т.*, том. xlvii., стр. 419.

[1525] *Там же.*, том ii., стр. 496.

[1526] Воспроизведено в *Knowledge*, апрель 1893г.

[1527] Если только в туманностях Плеяд не будет найдено исключение, которое, как можно предположить, разделяет небольшое видимое движение звезд, к которым они принадлежат.

[1528] *Отказаться от обработки. Akad. der Wiss.*, Leipzig, 1857, Bd. iii., p. 295.

[1529] *Месяц. Не.*, том ii., стр. 31.

[1530] *Процедура. Соч.*, 1874, с. 251.

[1531] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 278.

[1532] *Система звезд*, стр. 257.

[1533] *Процедура. Соч.*, том. xlix., стр. 399.

[1534] *Potsdam Publ.*, Bd. vii., Th. i.

[1535] *Astr. Nach.*, No. 2,714; Schönfeld, *V. J. S. Astr. Ges.*, Jahrg. xxi., p. 58.

[1536] *Астроф. Journ.*, vol. xiii., с. 80.

[1537] *Процедура. Соч.*, том. xxxiii., стр. 425; *Отчет брит. Доц.*, 1882, стр. 444. Оттиск четырех нижних линий в том же спектре был почти одновременно получен доктором Дрейпером. *Comptes Rendus*, т. xciv., стр. 1243.

- [1538] *Процедура. Соч.*, том. xlviii., стр. 213.
- [1539] *Месяц. Непт.*, том. xlviii., стр. 360.
- [1540] *Процедура. Соч.*, вып. xlv., стр. 40; *Звездная система*, стр. 79.
- [1541] *Sitzungsb.*, Берлин, 13 февраля 1890 г.
- [1542] *Wash. Obs.*, том xxv., Приложение i., стр. 226.
- [1543] *Comptes Rendus*, т. xcii., стр. 261.
- [1544] *Месяц. Непт.*, том. xliii., стр. 255.
- [1545] *Гарвардские анналы*, том. xlviii., с. 116.
- [1546] *Sid. Мессия.*, том ix., стр. 1.
- [1547] *Знание*, том xv., стр. 191.
- [1548] *Месяц. Непт.*, том. xlix., стр. 65.
- [1549] *Система звезд*, стр. 269.
- [1550] *Astr. Nach.*, Nos. 2,749, 2,754.
- [1551] Фогель, *astr. Nach.*, 2,854.
- [1552] *Природа*, том. xliii., стр. 419.
- [1553] *Астрономия*, т. xl., стр. 171.
- [1554] *Astr. Нач.*, Bände xlvii., стр. 1; xlviii., стр. 1; xlix., стр. 81.  
Пикеринг, *Met. Am. As.*, том xi., стр. 180.
- [1555] Гулд о небесной фотографии, *Обсерватория*, том ii., стр. 16.
- [1556] *Летопись Н. Я. акад. наук*, т. vi., стр. 239, 1892; Элькин, *Изд. Астр. Пак. Соч.*, том iv., стр. 134.
- [1557] *Перевод. Йельская обсерватория*, том первый, пт. i.
- [1558] *Астроф. Jour.*, vol. xiii., с. 56.
- [1559] *Astr. Nach.*, No. 2,719.
- [1560] *Там же.*, № 2726.
- [1561] *Там же.*, № 2730.

- [1562] *Месяц. Непт.*, том. xlvii., стр. 24.
- [1563] *Les Mondes*, т. iii., стр. 529.
- [1564] Мушез, *Отчеты*, t. cvi., стр. 912.
- [1565] *Astr. Nach.*, No. 3,422.
- [1566] *Там же.*, № 3441.
- [1567] *Там же.*, № 3,018, 3,032.
- [1568] *Журнал. Брит. Астр. Доц.*, том ix., стр. 133.
- [1569] *Astr. Nach.*, No. 3,253.
- [1570] *Обсерватория*, том xxi., стр. 351, 386.
- [1571] Воспроизведено в *Astrophys. Journ.*, т. xi., с. 324.
- [1572] *Там же.*, стр. 347.
- [1573] *Astr. Nach.*, No. 3,704.
- [1574] *Sitzungsb. Байер. Акад.*, 23 марта 1901 г.
- [1575] *Анналы Капской обсерватории*, тома iii., iv., v.
- [1576] *Месяц. Непт.*, том ix., стр. 381.
- [1577] Д. Клумпке, *Обсерватория*, том xv., стр. 305.
- [1578] Гилберт, *Сид. Беспорядок.*, том i, стр. 288.
- [1579] *Astr. Документы для Амер. Эфемериды*, том. viii., часть ii.
- [1580] *Природа*, том. xxiv., стр. 91; *Наблюдения Дансинка*, pt. v., 1884.
- [1581] Элькин, *Отчет за 1891-92 гг.*, стр. 25; Ньюкомб, *Звезды*, стр. 151.
- [1582] *Анналы Капской обсерватории*, том. VIII в., пт. второй. Некоторые из этих мер выступили гг. Финли и де Ситтера.
- [1583] *Astr. Нач.*, № 3483; *Обсерватория*, том xxi., стр. 180.
- [1584] *Аннален дер Стернварте в Лейдене*, Bd. vii.
- [1585] *Отчет Гарвардской конференции 1898 года* (Снайдер).
- [1586] *Исследования звездного параллакса*, часть ii., 1892.

- [1587] *V. J. S. Astr. Ges.*, Jahrg., xxviii., стр. 117.
- [1588] *Бюллетень Международной торговли*, № 1, стр. 262.
- [1589] *Опубл. из Astr. Лаборатория в Гронингене*, № 1.
- [1590] *Природа*, том. xxvi., с. 177.
- [1591] *Профессор Ирландской академии.*, том i, стр. 571, сер. iii.
- [1592] *Mem. R. A. S.*, том. xlvii., стр. 178.
- [1593] *Astr. Nach.*, No. 3,142.
- [1594] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, № 76.
- [1595] Кэмпбелл, *Бюллетень Лика*, № 4.
- [1596] *Опубл. Йеркская обсерватория*, том i, 1900.
- [1597] *Анналы Капской обсерватории*, том ii., часть ii.
- [1598] *Astr. Jour.*, Nos. 431-2.
- [1599] У. Дж. Хасси, *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, № 74.
- [1600] *Astr. Журнал.*, № 258.
- [1601] *Ситцунгсберихте*, Берлин, 26 октября 1893г.
- [1602] *Летопись труда. Ницца*, т. ii.
- [1603] *Вашингтонские наблюдения*, 1888, Приложение i.
- [1604] *Опубл. Обсерватория Лика*, том v., 1901.
- [1605] Т. Льюис, *обсерватория*, том xvi., стр. 312.
- [1606] *Гарвардские анналы*, том xiv, часть первая, 1884.
- [1607] *Обсерватория*, том. viii., с. 309.
- [1608] *Месяц. Нет.*, том. xlv., стр. 277.
- [1609] *Гарвардские анналы*, том. xxxiv.
- [1610] *Там же.*, том xlv.
- [1611] *Photo. du Ciel. Réunion du Comité Permanent*, Paris, 1891, p. 100.
- [1612] *Очерки (2-я серия), Небулярная гипотеза.*

- [1613] *О множественности миров*, стр. 214 (2-е изд.).
- [1614] Проктор, *Месяц. Не.*, том ххix., стр. 342.
- [1615] Это замечание было впервые сделано Дж. Мичеллом, филологом. *Пер.*, т. lvii., стр. 25 (1767).
- [1616] *Рор. Астр.*, № 45.
- [1617] *Астроф. Журнал.*, том первый, стр. 220.
- [1618] *Месяц. Не.*, тома. ххxi., стр. 175; ххxii., стр. 1.
- [1619] *Звезды*, стр. 273.
- [1620] *Звездная система*, стр. 384; *Старая и новая астрономия*, стр. 749 (Раньярд).
- [1621] *Астроф. Jour.*, vol. xii., p. 156.
- [1622] *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 242.
- [1623] *Месяц. Не.*, том ii, стр. 40, 97. Репродукции некоторых из рассматриваемых фотографий см. в "*Знании*", том xiv, стр. 50.
- [1624] *Astr. Нач.*, № 3048; *Обсерватория*, том xiv., стр. 301.
- [1625] *Процедура. Инст.*, 29 мая 1891 г. (Джилл).
- [1626] *Анналы Кейптауна.*, iii., Введение, стр. 22.
- [1627] *Процедура. Соч.*, т. xviii., с. 169.
- [1628] *Astr. Нач.*, № 3456; *Обсерватория*, том хxi, стр. 65; Ньюкомб, *Звезды*, стр. 80.
- [1629] *Месяц. Не.*, том xl., стр. 249.

## ГЛАВА XIII

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнивая методы, доступные сейчас для астрономических исследований, с теми, которые использовались сорок лет назад, мы сразу же поражаемся тому факту, что они умножились. Телескоп был дополнен спектроскопом и фотокамерой. Теперь это действительно влечет за собой целый мир перемен. Это означает, что астрономия покинула место, где она жила

обособленно в восторженном единении с математикой, безразличная ко всему на земле, за исключением только тех механических усовершенствований, которые должны были помочь ей глубже проникнуть в небеса, и спустилась на форум человеческого знания, одновременно просительница и покровительница, поочередно призывающая помощь от каждой из наук и обещающая ее, и терпеливо ожидающая достижений всех. Наука о небесных телах, одним словом, стала разделом земной физики или, скорее, высшим видом интеграции всех их результатов. Однако у него есть одна главная особенность, заключающаяся в том, что материалы для всех его исследований представлены в телескопическом виде. Это такие явления, которые очень несовершенно видны невооруженному глазу или вообще не видны.

Спектроскопическая и фотографическая аппаратура - это просто дополнения к телескопу. Они не заменяют его и не делают менее важным. Напротив, эффективность их действия зависит в первую очередь от оптических качеств инструментов, к которым они прикреплены. Следовательно, развитие в максимальной степени возможностей телескопа имеет жизненно важное значение для прогресса современной физической астрономии, в то время как более старая математическая астрономия могла позволить себе оставаться к нему сравнительно равнодушной.

Колоссальный отражатель Rosse reflector по своим размерам по-прежнему является показателем *производительности ne plus ultra* в этой линейке. Однако зеркало диаметром в четыре фута было отправлено в Мельбурн покойным Томасом Граббом из Дублина в 1870 году. Он установлен в кассегрейновской манере, так что наблюдатель смотрит прямо сквозь него на рассматриваемый объект, изображение которого он действительно видит в двойном отражении. Говорят, что запыленная атмосфера Мельбурна очень серьезно препятствует использованию этого изначально прекрасного инструмента.

Можно усомниться в том, что такой большой спектр будет когда-либо снова построен. Новый материал для зеркал отражающих телескопов, предложенный Штайнхайлем в 1856 году и независимо Фуко в 1857 году,<sup>[1630]</sup> в значительной степени заменил использование металлического сплава. Это стекло, на которое с помощью химического процесса, первоначально изобретенного Либихом, была нанесена тонкая пленка серебра. Это дает особенно блестящую отражающую поверхность, отбрасывающую больше света, чем металлическое зеркало той

же площади, в пропорции примерно шестнадцать к девяти. Повторная полировка также сопряжена с гораздо меньшим риском и хлопотами, чем повторная полировка зеркала. Впервые этот план был использован в крупном масштабе в инструменте с апертурой тридцать шесть дюймов, законченном Калвером для доктора Коммона в 1879 году. Главным образом, его успехами в астрономической фотографии он обязан ее превосходным качествам, примененным с редким мастерством. Более смелым экспериментом стала конструкция и монтаж самим доктором Коммоном 5-футового отражателя. Но первый стеклянный диск, заказанный во Франции для этой цели, оказался в корне неисправным. Фигурное, отполированное и посеребренное к концу 1888 года изображение звезд стало эллиптическим, а не круглым. [1631] Пришлось приобрести новый, который был готов к использованию в астрономии в 1891 году. Удовлетворительный характер его работы подтверждается наблюдениями, сделанными с его помощью на новом спутнике Юпитера в декабре 1892 года. Этот прибор, которому была придана ньютоновская форма, не имел конкурентов в отношении концентрации света в то время, когда он был построен. Теперь у него их два — 50-дюймовый рефрактор Paris и 5-футовый рефлектор Yerkes.

Однако именно в конструкции телескопов-рефракторов в последнее время были достигнуты наиболее заметные успехи. 15-дюймовый ахроматический прибор Гарвардского колледжа был смонтирован и готов к работе в июне 1847 года. Аналогичный инструмент уже несколько лет находился на своем месте в Пулковке. Прошло много времени, прежде чем возможность превзойти эти шедевры немецкого мастерства представилась какому-либо оптику. В течение пятнадцати лет казалось, что именно здесь была проведена черта. Впервые она была нарушена в Америке. Художник-портретист из Кембриджпорта, штат Массачусетс, по имени Элван Кларк, некоторое время развлекал свой досуг шлифованием линз, исключительное мастерство которых было открыто в Англии мистером Доузом в 1853 году. [1632] Прошло семь лет, и затем из Университета Миссисипи поступил заказ на предметное стекло беспрецедентного размера - восемнадцать дюймов. Экспериментальный просмотр с целью проверки определения привел, как мы видели, к обнаружению спутника Сириуса 31 января 1862 года. Он так и не достиг своей цели на Юге. Начались военные неурядицы, и в конце концов его отправили в Чикаго, где он помог профессору Хью в его исследованиях Юпитера и мистеру Бернхэму в его исследовании двойных звезд.



Следующий шаг был еще более долгим, и его снова предпринял оптик-самоучка Томас Кук, сын сапожника из Аллерторпа, что в Ист-Райдинге Йоркшира. Мистер Ньюэлл из Гейтсхеда заказал у него в 1863 году 25-дюймовое предметное стекло. Он был закончен в начале 1868 года, но ценой сокращения жизни его создателя, который умер 19 октября 1868 года, прежде чем гигантский рефрактор, над которым он трудился пять лет, был полностью смонтирован. Этот инструмент, прекрасные качества которого долгое время были сведены на нет неблагоприятной ситуацией, был подарен мистером Ньюоллом Кембриджскому университету за несколько недель до своей смерти, 21 апреля 1889 года. Под присмотром его сына, мистера Фрэнка Ньюолла, он доказал свою высокую эффективность в деликатной работе по измерению радиальных движений звезд.

За его постройкой последовала постройка 26-дюймового "Вашингтона", за который Алвану Кларку было выплачено двадцать тысяч долларов. Самым выдающимся моментом в его карьере, начавшимся в 1873 году, стало открытие спутников Марса. Когда-то было известно, что они существуют, и действительно, было обнаружено, что их можно различить с помощью очень умеренных оптических средств (мистер Вентворт Эрк видел Деймос с помощью 7-дюймового телескопа Clark); но первое обнаружение таких мельчайших объектов - это достижение совершенно иного порядка, чем их последующее наблюдение. Наблюдение д-ром Си с помощью этого прибора в 1899 году облачных поясов Нептуна и его усовершенствованная серия микрометрических измерений различных планет свидетельствуют о неизменном совершенстве его оптических качеств.

Она удерживала первенство более восьми лет. Затем, в декабре 1880 года, почетное место пришлось уступить 27-дюймовому ахроматику, построенному Говардом Граббом (сыном и преемником Томаса Грабба) для Венской обсерватории. Это, в свою очередь, было превзойдено двумя, размером соответственно 29-1/2 и 30 дюймов, отправленными Готье из Парижа в Ниццу и Алваном Кларком в Пулкову; и предметное стекло диаметром три фута было в 1886 году успешно изготовлено последней фирмой для обсерватории Лик в Калифорнии. Трудности, однако, возникшие при приобретении стеклянных дисков того размера и чистоты, которые требовались для этого последнего предприятия, по-видимому, указывали на то, что срок для прогресса в этом направлении не за горами. Кремль действительно был отлит со сравнительной легкостью в

мастерских М. Фейля в Париже. Безупречная масса весила 170 килограммов, имела более 38 дюймов в поперечнике и стоила 10 000 долларов. Но с коронной частью разработанной ахроматической комбинации все прошло менее гладко. Производство идеального диска было достигнуто только после *девятинадцати* неудач, что привело к задержке более чем на два года; а стекло для третьего объектива, предназначенное для того, чтобы телескоп можно было использовать в любое время для фотографических целей, оказалось деформированным и, следовательно, разлетелось на куски в процессе шлифовки. Он был заменен на один из 33 дюймов, с помощью которого была сделана серия замечательных лунных и других фотографий.

Трудность получения подходящего материала также не является единственным препятствием для увеличения размеров рефракторов. "Вторичный спектр", как его называют, также представляет собой барьер, который трудно преодолеть. Истинный ахроматизм невозможно получить с помощью обычного кремня и корончатого стекла; и хотя в линзах "Jena glass" выдающаяся цветопередача снижается примерно до одной шестой от обычной величины, срок их службы фатально сокращается из-за быстрого износа. Тем не менее, 13-дюймовый объектив новой разновидности был установлен в Кенигсберге в 1898 году; а диски Jena crown и flint диаметром 23 дюйма были приобретены Brashear на Чикагской выставке 1893 года. Ахроматическая комбинация трех видов стекла, разработанная мистером А. Тейлором[1633] для господ. Кук Йоркский, имеет менее серьезные недостатки, но пока не вошел в широкое употребление. Между тем, в гигантских телескопах, в полной мере подверженных хроматической аберрации, таких как рефракторы Лика и Йеркса, разница фокусных расстояний для различных цветов исчисляется дюймами,[1634] и это не из-за недостатка мастерства у производителей, а из-за необходимости использования футляра. За этим следуют постыдные последствия. Например, за один раз можно отчетливо увидеть только небольшую часть спектра небесного тела; и при переходе от наблюдения планетарной туманности к наблюдению за ее звездным ядром требуется регулировка фокусного расстояния в полдюйма. Кроме того, телескоп-рефрактор теряет одно из своих главных преимуществ перед рефлектором, когда его размер увеличивается сверх определенного предела. Этим преимуществом является большая яркость получаемых им изображений. Через стеклянную линзу пропускается значительно больше света, чем отражается от такой же металлической поверхности. Но только при условии, что обе линзы имеют

умеренные размеры. Ибо стекло неизбежно увеличивается в толщину по мере увеличения его площади и, следовательно, задерживает больший процент преломляемых им лучей. Таким образом, в конце концов наступает точка, зафиксированная покойным доктором Робинсоном на диаметре чуть меньше 3 футов[1635], где стекло и металл в этом отношении равны; в то время как над ним преимущество имеет металл. А поскольку посеребренное стекло пропускает значительно больше света, чем металлическое зеркало, при использовании этого материала стадия выравнивания с помощью линз достигается пропорционально раньше.[1636]

Однако наиболее отличительной особенностью отражателей является способность фокусировать лучи со всеми коэффициентами преломления. Они от природы ахроматичны. Ни один из собираемых ими лучей не выбрасывается цветными полосами, неприятными как сами по себе, так и в качестве пустой траты главного объекта жадности астрофизиков — света. Таким образом, отражатели в этом отношении специально приспособлены для фотографического и спектрографического использования. Но у них есть и компенсирующий недостаток. Штрафы, налагаемые *bigness*, для них особенно высоки. Совершенного определения становится все труднее достичь с увеличением размера; однажды достигнув, его становится все труднее сохранять. Огромные массы материала, используемого для изготовления больших предметных стекол или зеркал, имеют тенденцию при каждом движении деформироваться под действием собственного веса. Теперь малейший изгиб зеркала губителен для его характеристик, эффект удваивается за счет отражения; в то время как в линзе изменение рисунка компенсируется равными и противоположными изгибами противоположных поверхностей, так что исходящие лучи проходят почти те же траектории, как если бы изгибы преломляющей среды оставались теоретически идеальными. По этой причине работа с точностью должна оставаться прерогативой телескопов-рефракторов, хотя большие отражатели сохраняют первенство в изображении небесных тел, а также в некоторых разделах спектроскопии. Профессор Хейл, соответственно, подвел итог ценной дискуссии по этому вопросу, утверждая,[1637] "что астрофизик может справедливо считать отражатель даже более важной частью своего инструментального оборудования, чем рефрактор". Новая эра в его использовании к западу от Атлантики открылась с переносом рефлектора Кроссли из Галифакса в Маунт-Гамильтон. Его прерогативы в области фотографии туманностей были великолепно продемонстрированы в 1899 году

изысканными и вдумчивыми изображениями облачных миров космоса, сделанными профессором Килером, и те, что были получены двумя годами позже с помощью аналогичного, хотя и меньшего размера прибора профессором Ричи из Йеркской обсерватории, были полностью сопоставимы с ними. Характеристики 5-футового рефлектора Yerkes по-прежнему относятся к будущему.

Амбиции в отношении телескопической мощности ни в коем случае еще не удовлетворены. И не должны быть удовлетворены. Прогресс астрофизических исследований всех видов в значительной степени зависит от понимания света. Для спектроскопического исследования звезд, для измерения их движения в поле зрения, для открытия и изучения туманностей, для фотографирования звезд и туманностей постоянно звучит призыв "больше света". Нет такого предприимчивого руководителя обсерватории, который не чувствовал бы себя стесненным в своих планах, если он может использовать апертуру не более 14 или 15 дюймов, и он стремится к большим инструментальным возможностям не только с целью увеличения шансов на открытие, но и для неуклонного продвижения какой-либо законной линии исследования. Таким образом, масштабных проектов по созданию телескопов великое множество, и некоторые из них реализуются из года в год. Сэр Говард Грабб закончил в 1893 году 28-дюймовый ахроматический телескоп для Королевской обсерватории в Гринвиче; экваториальный телескоп Томпсона, установленный в том же учреждении в 1897 году, несет на одной оси 26-дюймовый фотографический рефрактор и 30-дюймовый отражатель из посеребренного стекла; телескоп Виктория, открытый на Кейптауне в 1901 году, включает мощный спектрографический аппарат вместе с 24-дюймовым рефрактором с химической коррекцией, все это является щедрым подарком мистера Фрэнка Маклина; в Потсдаме, Медоне, Париже, Аллегани, были созданы или вскоре будут созданы двигатели для концентрации света таких размеров, которые два поколения назад показались бы экстравагантными и невозможными.

Возможно, лучшие, хотя и не совсем величайшие из них ознаменовали вершину и конец деятельности Элвана Г. Кларка, последнего оставшегося в живых сотрудника фирмы "Кембриджпорт".

В октябре 1892 года мистер Йеркс из Чикаго предложил неограниченную сумму за оснащение Университета этого города "превосходным" телескопом. И, к счастью, пара стеклянных

дисков идеального качества, почти 42 дюйма в диаметре, оказалась под рукой. Они были отобраны Мантуа для Университета Южной Калифорнии, когда рассматривался вопрос о возведении большой обсерватории на Пике Уилсона. В мастерской Clark они были объединены в превосходную задачу, доведенную до совершенства испытаниями и тонкими штрихами, длившимися почти пять лет. Затем создатель сопровождал его к месту назначения, к берегу далекого Западного Женевского озера, и умер сразу после своего возвращения, 9 июня 1897 года. Не было позволено "заржаветь несгоревшим" и инструменту астрономических исследований, ради завершения которых он только что дожил. Управляемый Хейлом, Бернхэмом и Барнардом, он проделал работу, которая была бы невыполнима при менее эффективном оптическом сопровождении. Таким образом, его конструкция знаменует собой заметное расширение астрономических возможностей, примером чего является — если привести одно из многих достижений — успех Барнарда в отслеживании кластерных переменных, когда они ниже обычного предела визуального восприятия.

С помощью телескопа Lick также были достигнуты результаты, свидетельствующие о его непревзойденном совершенстве. Взгляды Холдена и Шеберле на планетарные туманности, операции Бернхэма и Хасси по детальному расщеплению звезд, измерения Килером радиального движения туманностей, обнаружения Барнардом и длительные поиски слабых комет, его открытие крошечного спутника Юпитера, спектроскопические определения Кэмпбелла — все это могло быть выполнено только, даже исключительно способным и энергичным персоналом, с помощью инструмента высокой мощности и качества. Но было еще одно условие, которое не следовало упускать из виду.

Самый лучший телескоп может выйти из строя из-за плохой ситуации. Действительно, чем он больше, тем более беспомощен в борьбе с атмосферными проблемами. Это худшие бедствия из всех, которые поражают астронома. Никакое механическое мастерство не поможет нейтрализовать или облегчить их. Они усиливаются с каждым увеличением диафрагмы; они растут с применением увеличительной силы. Лучи небесных тел, когда они могут проникнуть сквозь облачную завесу, которая слишком часто преграждает им путь, достигают нас в ослабленном, рассеянном и нарушенном состоянии. Отсюда мерцание звезд, эффекты "кипения" на краях солнца, Луны и планет; отсюда искажения яркости, стирание слабых телескопических изображений; отсюда также скудость результатов, полученных многими мощными

светосборными машинами.

Как только был построен парсонстаунский телескоп, стало очевидно, что предел выгодного увеличения размеров при климатических условиях, хотя бы отдаленно напоминающих преобладающие там, достигнут, если не превышен; и сам лорд Росс первым осознал необходимость сделать паузу, чтобы оглядеть мир в поисках более чистого и спокойного воздуха, чем тот, который можно найти в пределах Соединенного Королевства. Именно с этой целью мистер Ласселл перевез свой двухфутовый ньютоновский прибор на Мальту в 1852 году и установил там в 1860 году аналогичный прибор четырехкратной мощности, с помощью которого в течение примерно двух лет было открыто 600 новых туманностей. Опыт профессора Пиацци Смита во время поездки на вершину Тенерифа в 1856 году в поисках астрономических возможностей[1638] подкрепил самые радужные надежды на избавление на подходящих возвышенных станциях от некоторых гнетущих условий наблюдения за звездами с низкого уровня; однако в течение ряда лет для их реализации не было сделано ничего эффективного. Однако теперь, наконец, горные обсерватории стали не только общепризнанной необходимостью, но и свершившимся фактом; и давний прогноз Ньютона о времени, когда астрономы будут вынуждены из-за развитой мощности своих телескопов подниматься высоко над "более плотными облаками", чтобы ими пользоваться,[1639] оправдался этим событием.

Джеймс Лик, миллионер из Сан-Франциско, к моменту своей смерти, 1 октября 1876 года, уже выбрал место для новой обсерватории, на строительство и содержание которой он посвятил часть своего большого состояния. Обстановка заведения исключительная и великолепная. Расположенный на одной из трех вершин горы Гамильтон, венчающей Калифорнийский береговой хребет, на высоте 4200 футов над уровнем моря, в климате, с которым едва ли можно соперничать во всем мире, он открывает виды как небесные, так и земные, которыми одинаково могут насладиться любители природы и астрономии. Там обнаруживается наиболее существенное сокращение препятствий для наблюдения. Профессор Холден, назначенный в 1885 году президентом Калифорнийского университета и директором новой связанной с ним обсерватории, заявил, что в течение шести или семи месяцев в году царит нерушимая безмятежность, а половина оставшихся ночей ясна. [1640] Обеспечиваемая таким образом непрерывная работа сама по себе является неоценимым преимуществом; а превосходные

визуальные данные, о которых свидетельствует открытие м-ром Бернхемом во время двухмесячной поездки на гору Гамильтон осенью 1879 года сорока двух новых двойных звезд с 6-дюймовой ахроматикой, вселили надежды на блестящее будущее учреждения Lick, которые с тех пор полностью осуществились. Его преимущества разделяются, как и хотел профессор Холден, всем астрономическим миром.<sup>[1641]</sup> Великому экваториальному суду сразу была предоставлена своего рода апелляционная юрисдикция, и более одного спорного пункта были удовлетворительно урегулированы путем обращения к нему.

Его характеристики, рассматриваемые как с точки зрения качества, так и вида, вряд ли можно улучшить, просто превзойдя его по размеру, если только не имитировать тщательность, затраченную при выборе места для его размещения. Таким образом, профессор Пикеринг проявил свою обычную осмотрительность, отложив свои усилия по приобретению большого телескопа до тех пор, пока Гарвардский колледж не обзаведется зависимой обсерваторией, где его можно было бы использовать с пользой. Это было обнаружено мистером У. Х. Пикерингом после многих экспериментов в Колорадо, Калифорнии и Перу, в Арекипе, на склоне Анд, на высоте 8000 футов над уровнем моря. Здесь в 1891 году при идеальных метеорологических условиях был создан пост, предусмотренный "Фондом Бойдена". Температура сохраняет "золотую середину"; барометр почти абсолютно стабилен; годовое количество осадков составляет не более трех-четырёх дюймов. Поэтому неудивительно, что "видение" там отличается необычайным совершенством, о чем свидетельствуют наблюдения мистера Пикеринга. В отсутствие яркого лунного света, говорит он нам, <sup>[1642]</sup> всегда можно сосчитать одиннадцать Плеяд; туманность Андромеды кажется невооруженным глазом заметно яркой и больше полной луны; звезды третьей величины наблюдались до их исчезновения на истинном горизонте; зодиакальный свет охватывает небеса в виде полной арки, "Gegenschein" образует обычную часть небесного пейзажа. Имеются соответствующие телескопические приспособления. Главный инструмент станции, 13-дюймовый экваториальный прибор Кларка, показывает более слабые части туманности Ориона, сфотографированные в Гарвардском колледже в 1887 году, благодаря чему размеры, указанные на рисунке Бонда, увеличены вдвое; иногда видны звезды, окруженные полудюжиной неподвижных дифракционных колец, до двенадцати из которых были подсчитаны вокруг  $\alpha$  Центавра; в то время как во многих случаях не удавалось увеличить мощность увеличения, чтобы выявить какое-либо

колебание контуров планет. Более того, череда погожих ночей практически не прерывается с марта по ноябрь.

Возможности, предоставляемые таким образом для непрерывных фотографических исследований, сделали возможным удивительное открытие профессором Бейли переменных звездных скоплений. Они принадлежат исключительно к классу "шаровидных", и эта особенность наиболее ярко проявляется в группах, известных как о Центавра и Мессье 3, 5 и 15. Большое количество их мельчайших компонентов проходят совершенно определенные циклы изменения с периодами, обычно составляющими несколько часов.[1643] Всего с 1895 года было зарегистрировано около 500 "кластерных переменных". Следует упомянуть, что мистер Дэвид Пэкер и доктор Коммон обнаружили около 1890 года некоторые тревожные симптомы флуктуации света среди скопления звезд Мессье 5.[1644] С помощью телескопа Брюса, фотографического дублета диаметром 24 дюйма, в Арекипе в период с 1896 по 1901 год было собрано 5686 негативов. Некоторые из них были обнаружены непосредственно, другие - с помощью призмы; и все они доступны для важных целей обнаружения или расследования.

Не только пары и воздушные потоки затрудняют использование гигантских телескопов. Механические трудности также являются серьезным препятствием для дальнейшего увеличения размеров. Но то, что кажется препятствием, часто оказывается всего лишь новой отправной точкой; и нет никаких признаков того, что в данном случае это может оказаться именно так. Вполне возможно, что монументальные купола и огромные подвижные трубы наших нынешних обсерваторий через несколько десятилетий уйдут в прошлое так же, как "воздушные" телескопы Гюйгенса. Несомненно, что тонкий край клина инноваций был вбит в старую схему экваториального монтажа.

М. Лоуи, нынешний директор Парижской обсерватории, в 1871 году предложил Делоне установить телескоп по новой системе. План показался осуществимым, и он был принят, но смерть Делоне и другие неблагоприятные обстоятельства того времени помешали его осуществлению. Его возобновление, спустя несколько лет, стало возможным благодаря подарку М. Бишоффсхайма в размере 25 000 франков на расходы, и *coudé* или "изогнутый" экваториал с 1882 года является одним из ведущих инструментов парижского истеблишмента.

Его принцип вкратце таков: телескоп является, так сказать, своей



собственной полярной осью. Передняя часть трубки опирается на оба конца и, таким образом, фиксируется в направлении, направленном к шесту, только за счет силы скручивания в осевом направлении. Задняя секция присоединена к нему под прямым углом и представляет предмет-стекло соответственно небесному экватору, в плоскости которого оно вращается. Лучи звезд в любой другой части небес отражаются на предметном стекле с помощью плоского вращающегося зеркала, расположенного перед ним. Наблюдатель, тем временем, пристально смотрит вниз по изогнутой трубе в направлении невидимого *южного* полюса. Он, естественно, вообще ничего бы не увидел, если бы на "локте" прибора не было закреплено второе плоское зеркало, направляющее лучи, прошедшие через предметное стекло, в его глаз. Ему никогда не нужно двигаться с места. Он наблюдает за звездами, сидя в кресле в теплой комнате, с таким совершенным удобством, как если бы он рассматривал семена гриба в микроскоп. И это не просто обретение личной непринужденности. Устранение трудностей включает в себя значительное усиление власти.[\[1645\]](#)

Среди других преимуществ этого метода конструкции, во-первых, заключается в дополнительной стабильности, поскольку движение, передаваемое обычному экваториальному зеркалу, частично передается вспомогательному зеркалу. Далее, увеличенное фокусное расстояние. Неподвижную часть трубки можно сделать практически неограниченной длины без каких-либо неудобств и с огромным преимуществом для оптических качеств большого прибора. Наконец, от дорогостоящего и неуправляемого купола избавляются, превращая его в простой навес, служащий для всех целей защиты, необходимых для "куде".

Желательность некоторых подобных изменений, подобных тому, которое осознал М. Лоуи, ощущалась и другими. В 1881 году профессор Пикеринг набросал план установки больших рефракторов в постоянно горизонтальном положении и отражения в них с помощью подвижного зеркала объектов, которые требуется наблюдать.[\[1646\]](#) Наблюдения для его фотометрических каталогов, фактически, выполнены с использованием "прерывистого прохождения", при котором линия визирования остается постоянно горизонтальной, независимо от высоты исследуемой звезды. Более того, сэр Говард Грабб установил в 1882 году своего рода сидеростат в Кроуфордской обсерватории в Корке. В документе, зачитанном перед Королевским обществом 21 января 1884 г., он предложил реализовать этот принцип в более широком масштабе:[\[1647\]](#) и

вскоре после этого предпринял его применение к телескопу с апертурой 18 дюймов для обсерватории Арма.[1648] Однако главные почести остаются за парижским изобретателем. Ни одна из прогнозируемых причин отказа не доказала свою эффективность. Потери света из-за двойного отражения незначительны. Угрожаемая деформация изображений благодаря изысканному мастерству мм. Генри в изготовлении плоских зеркал практически абсолютного совершенства совершенно незаметна. Определение было признано исключительно хорошим. Сэр Дэвид Гилл заявил в 1884 году, что ему никогда не удавалось измерить двойную звезду так легко, как с ее помощью он измерил  $\gamma$  Леонис. [1649] Сэр Норман Локьер назвал его "одним из инструментов будущего"; и принцип его конструкции был немедленно принят директорами обсерваторий Безансона и Алжира, а также для 17-дюймового телескопа, предназначенного для новой обсерватории в Буэнос-Айресе. С тех пор в Париже она проводилась в более широком масштабе. "куде" с апертурой 23-1/2 дюйма и фокусным расстоянием 62 фута был установлен в 1890 году в Национальной обсерватории и служил М. Лоуи для его оригинальных исследований рефракции и аберрации — прежде всего, для съемки великолепных листов его лунного атласа. "Изогнутая" форма может быть адаптирована к отражателям, но еще не была адаптирована.[1650]

"Coelostat" в форме, приданной ему профессором Тернером, оказался бесценным дополнением к оборудованию eclipse. По существу, он состоит из зеркала, вращающегося за сорок восемь часов вокруг оси, расположенной в его собственной плоскости и параллельной земной оси. В поле зрения телескопа, жестко направленного на такое зеркало, звезды кажутся неподвижными. Таким образом, облегчается использование длиннофокусных объективов для корональной съемки, а размер изображения пропорционален длине фокуса. Профессор Барнард, соответственно, изобразил весь 1900 год с помощью горизонтального телескопа длиной 61-1/2 фута, питаемого зеркалом диаметром 18 дюймов, при этом диаметр Луны на его пластинах составлял 7 дюймов. Самым большим сидеростатом в мире является парижский 50-дюймовый рефрактор, который был главной достопримечательностью Оптического дворца на выставке 1900 года. Он имеет фокусное расстояние почти 200 футов и может использоваться как для фотографирования, так и для визуальных целей.

Небесная фотография еще не достигла своего грандиозного расцвета, но ее самые ранние зачатки, кажется, уже на столетия

отстали от нынешних достижений. Подробности его постепенного, но быстрого улучшения носят слишком технический характер, чтобы найти место на этих страницах. Достаточно сказать, что процесс "сухой пластинки", с помощью которого были получены такие замечательные результаты, по-видимому, был впервые предложен сэром Уильямом Хаггинсом при фотографировании спектра Веги в 1876 году, а затем был последовательно применен Коммоном, Дрейпером и Янссеном. Нельзя также оставить незамеченным замечательное расширение возможностей камеры капитаном Эбни. Он начал свои эксперименты по химическому действию красных и инфракрасных лучей в 1874 году, и в конце концов ему удалось получить вещество - "голубой" бромид серебра, — высокочувствительное к этим более медленным колебаниям света. С его помощью он исследовал обширную, неизвестную и навсегда невидимую область солнечного спектра, представив Королевскому обществу 5 декабря 1879 г.<sup>[1651]</sup> подробную карту его инфракрасной части (длины волн от 7600 до 10 750), из которой еще можно сделать ценные выводы относительно состояния различных видов материи, воспламеняющихся в солнечная атмосфера. На пластинах, ставших "ортохроматическими" путем окрашивания ализарином или другими красителями, теперь можно фотографировать весь видимый спектр; но те, у которых максимальная чувствительность близка к G, считаются предпочтительными, за исключением случаев, когда требуется полностью записать результаты светового анализа. А поскольку фотографические рефракторы скорректированы на синие лучи, экспонирование с их помощью ортохроматических поверхностей было бы совершенно бесполезным.

Химическая пластинка имеет два преимущества перед сетчаткой человека:<sup>[1652]</sup> Во-первых, она чувствительна к лучам, которые совершенно бессильны произвести какой-либо визуальный эффект; во-вторых, она может накапливать впечатления почти бесконечно, в то время как с сетчатки они исчезают через одну десятую секунды, оставляя на ней постоянно обновляющуюся *tabula rasa*.

Соответственно, вполне возможно сфотографировать объекты настолько слабые, что их не под силу обнаружить никакому телескопу — засвидетельствуйте химическое раскрытие невидимой туманности, окружающей Новую Персея, — и таким образом мы можем в конечном итоге узнать, действительно ли пустое пространство в небе представляет конец звездной вселенной в этом направлении, или же все более и более далекие

миры возвращаются и сияют за ними, скрытые мраком неизмеримого расстояния.

Из многих изобретательных усовершенствований спектроскопических приборов наиболее фундаментально важные связаны с так называемыми "решетками". Это очень мелко исчерченные поверхности, с помощью которых световые волны интерферируют и, таким образом, отсеиваются, строго в соответствии с их различной длиной, в "нормальные" спектры. Поскольку никакие универсально обоснованные меры не могут быть приняты ни в каких других, их производство совершенно необходимо для спектроскопической науки. Фраунгофер, который инициировал изучение спектра дифракции, использовал настоящую решетку из очень тонких проволок: но его преемники переняли правила нанесения на стекло, и Ноберт выполнил их с таким непревзойденным мастерством, что на одном квадратном дюйме поверхности было нанесено 100 000 линий, нарисованных от руки. Однако такие редкие и дорогостоящие достижения искусства попали в очень немногие руки, и впервые инструмент такого рода стал доступен на практике благодаря изобретательности и механической сноровке двух американских исследователей. Решетки Резерфорда и Роуланда управляются машиной и отражают, а не пропускают анализируемые ими лучи; но решетки Роуланда обеспечивают им гораздо большую дифракционную поверхность и, следовательно, обладают более высокой разрешающей способностью. Первым шагом к его усовершенствованиям было изготовление в 1882 году безупречного винта, который ранее использовался как неизбежный источник периодических ошибок в исчерченности, что, в свою очередь, приводило к появлению призрачных линий в качестве объектов спектроскопического изучения.<sup>[1653]</sup> Их отмена была не последним достижением Роуланда. С помощью его усовершенствованного станка металлическую поверхность размером  $6\frac{1}{4}$  на  $4\frac{1}{4}$  дюйма можно править с исключительной точностью практически до любой степени измельчения; однако он считал, что 43 000 линий на дюйм являются пределом полезности.<sup>[1654]</sup> Линейчатая поверхность, кроме того, вогнута и, следовательно, позволяет сфокусировать спектр без телескопа. Для просмотра необходимы только прорезь и окуляр, а поглощение света стеклянными линзами исключено — преимущество, особенно ощутимое при работе с ультра- или инфракрасными лучами.

Таким образом, высокие качества большой фотографической карты солнечного спектра Роуланда были основаны на его

предыдущем усовершенствовании инструментальных средств, использованных при ее составлении. Количество деталей, показанных в нем, иллюстрируется появлением на негативах 150 линий между H и K; и многие линии изображают себя двойными, которые, пока их не исследовали с помощью вогнутой решетки, считались единым целым. Соответствующий рисунок от руки, для которого М. Толлон, получивший в 1886 году премию Лаланда, демонстрирует не дифракционный, а призматический спектр, полученный с помощью бисульфидных углеродных призм с большой дисперсионной способностью. Им покрывается около трети видимой гаммы солнечного излучения (от A до B); он включает 3200 линий и имеет длину более десяти метров.<sup>[1655]</sup> Решетка - дорогостоящий инструмент для освещения. Там, где нет ничего лишнего, следует пренебречь его преимуществами. Соответственно, их нельзя было использовать в звездной спектроскопии, пока не появился телескоп Lick, способный предоставить более обильный материал для исследований. Благодаря ставшему возможным использованию решеток Роуланда, профессор Килер смог применить огромную дисперсию к лучам звезд и туманностей и, таким образом, достичь ранее неслыханной степени точности в их измерении. Как следствие, последовало его незабываемое обнаружение движения туманности в зоне прямой видимости. Профессор Кэмпбелл, его преемник, с тех пор получил тем же способом первые удовлетворительные фотографии дифракционных спектров звезд.

Средства, находящиеся в распоряжении астрономов, не умножались быстрее, чем задачи, поставленные перед ними. Оглядываясь назад, на 1800 год, мы не можем не удивляться произошедшим переменам. Сравнительно простая и безмятежная наука о небесных телах, известная нашим предшественникам, почти совершенная в той мере, в какой она развивалась, равнодушная к тому, что лежало за пределами ее понимания, превратилась в совокупность разнообразных сил и частей, каждая со своим отдельным способом и средствами роста, полную сильной жизненной силы, но одушевленную беспокойным и неудовлетворенным духом, преследуемую ощущением нерешенности проблем и терзаемую сознательным бессилием осознать необъятность, с которой она постоянно сталкивается.

Можно было бы сказать, что, когда из печати вышла *"Мексиканская селеста"*, знания были ограничены солнечной системой; но даже солнечная система представляла себя в аспекте, странно отличающемся от того, что она носит сейчас. Она состояла из солнца, семи планет и вдвое большего числа

спутников, гармонично вращавшихся в соответствии с универсальным законом, компенсирующим действием которого обеспечивалась неопределенная стабильность их взаимоотношений. Случайное вторжение кометы или периодическое присутствие одинокого такого странника, прикованного планетарным притяжением к выходу в открытый космос, нисколько не нарушали симметрии величественного зрелища.

Теперь не только установленные границы системы были расширены на тысячу миллионов миль, с добавлением еще одной планеты-гиганта и семи спутников к древним классам ее членов, но и ее строению была придана сложность, сбивающая с толку описание или мысль. Пятьсот вращающихся планетных тел преодолевают пропасть между Юпитером и Марсом, полное исследование движения любого из которых потребовало бы усилий всей жизни. Метеориты, по-видимому, чуждые фундаментальному порядку солнечной системы, тем не менее миллионами роятся в каждой щели ее пространства, возвращаясь через равные промежутки времени, подобно кометам, столь необычно связанным с ними, или проносясь через нее с гиперболическими скоростями, принесенные, возможно, с какой-нибудь далекой звезды. И каждая из этих космических пылинок имеет теорию, гораздо более сложную, чем теория Юпитера; она несет в себе тайну своего происхождения и выполняет определенную функцию во вселенной. Само солнце больше не является полумифическим, опоясанным огнем шаром, а обширной ареной игры сил, пока еще недостаточно известных нам, открывающей безграничное поле для самых трудных и вдохновляющих исследований. Среди планет преобладает широчайшее разнообразие физических условий, и каждая из них признается как отдельный мир, что побуждает к исследованиям, которые, чтобы быть эффективными, обязательно должны быть особыми и подробными. Даже наша собственная луна угрожает вырваться из пут вычислений и допускает "ошибки", которые подрывают сами основы лунной теории и предполагают огромную необходимость ее полного пересмотра. Более того, непоколебимая земля утратила безоговорочное доверие, оказанное ей как хранителю времени, и вопросы, касающиеся стабильности земной оси и постоянства скорости вращения Земли, относятся к числу тех, на которые будущее обязано ответить. Повсюду наблюдается многообразие и перемены, стимулирующие любопытство, которое быстрое развитие методов исследования дает возможность хотя бы частично удовлетворить.

За пределами Солнечной системы количество и масштабы проблем, требующих практического решения, практически бесконечны. И все они возникли и заняли наши мысли менее чем за сто лет. Наука о звездах стала признанной отраслью астрономии только благодаря открытию Гершелем обращения двойных звезд в 1802 году. И все же она уже может быть названа "астрономией будущего", настолько быстро возник острый и всеобщий интерес к исследованию этого возвышенного предмета и стимулировал его рост. То, что было сделано, невелико — едва ли это начало; и все же это много по сравнению с полным провалом прошлого столетия. И наше знание, в чем нас легко убедить, в свою очередь покажется полнейшим невежеством тем, кто придет после нас. И все же им нельзя пренебрегать, поскольку с его помощью мы протягиваем ощупывающие пальцы, чтобы коснуться края одеяния Всевышнего.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## ТАБЛИЦА I

### ХРОНОЛОГИЯ, 1774-1893

1774 Первое наблюдение Гершеля. Объект исследования - Туманность Ориона.  
1781 Вильсон геометрически доказал, что солнечные пятна являются впадинами.

1774 Первое экспериментальное определение средней плотности Земли Маскелайном.

1781 Открытие Урана.

1762 Первый каталог двойных звезд Гершеля.

1769 Первое исследование Гершелем движения Солнца в пространстве.

1782 Открытие Гудриком закона изменения Алгола.

1784 Алогия между Марс и Земля, на которые указал Гершель.

Устройство Небес, исследованное методом измерения звезд Гершелем.  
План Млечного Пути в виде "раздвоенного диска".

1784 Открытие двойных звезд, предвосхищенное Мичеллом.

1766 Первый каталог туманностей Гершеля.

1787 11-е Января Гершелем двух спутников Урана (Оберона и Титании).

Устройство Нептун, объясненное Лапласом.

1789 Второй каталог туманностей Гершеля и классификация этих объектов по возрасту.

1788 Завершение проекта Сорокафутовый отражатель Гершеля.

1769 Открытие 28 августа помощью двух инструментов 17 спутников Сатурна.

1768 Появляющийся круг, изобретенный



Борда.

1769 Путовый круг, построенный  
Рамсденом для Пиацци.

1790 Каталог Маскелайна из тридцати  
шести фундаментальных звезд.

1791 Гершель выдвигает гипотезу о  
жидком составе туманностей.

1792 Атмосферная рефракция на Венере,  
объявленная Шретером.

1794 Период вращения Сатурна,  
установленный Гершелем в 10 часов.  
. 16m.

1795 Теория строения Солнца Гершеля.

1796 Первые измерения сравнительной  
яркости звезд, сделанные Гершелем.

1796 Гипотеза о туманностях Лапласа,  
опубликованная в "*Системной  
экспозиции мира*".

1797 Публикация метода Ольберса для  
вычисления кометных орбит.

1798 Прогрессивные движения спутников  
Урана, обнаруженные Гершелем.

1799 Публикация первых двух томов  
"*Механики Селесты*".

1800 Транзит Меркурия, наблюдаемый  
Шретером.

1801 Звездный дождь, наблюдаемый  
Гумбольдтом в Кумане.

1802 Математический журнал, начатый  
Фон Заком.

1803 Невидимые тепловые лучи,  
обнаруженные в солнечном спектре  
Гершелем.

1803 Открытие астероидов Пиацци.

1804 Публикация *Истории звезд* Палланда.

1805 Исследование Гершелем  
изменчивости солнечного излучения в  
связи с образованием пятен.

1805 Открытие астероида Паллады.

1806 Новый каталог туманностей Гершеля.

1807 Открытие Гершелем двойных звезд.

1808 Признаки скопления в Млечном Пути,  
отмеченные Гершелем.

1809 Востон регистрирует семь темных

линий в солнечном спектре.

1802, 9 декабря Меркурия,  
наблюдаемое Гершелем.

1804, 10 декабря Меркурия,  
наблюдаемое Гершелем.

1804 основания Оптического института  
в Мюнхене.

1805 первое определение Гершелем  
вершины Солнца.

1807, 29 октября Берсом Весты.

1807 теория Гершеля о развитии звезд из  
туманностей.

1807, 9 февраля Понд назначен  
его преемником на посту  
королевского астронома.

1807, 10 сентября Кле кометы.

1807 Гершель демонстрирует  
неравномерное распределение звезд  
в пространстве.

1807 Бунгофера карты 324 темные  
линии в солнечном спектре.

1808 публикации Бесселевых *фундамент а*  
*Astronomiæ*.

1808, 13 мая Энке из первых  
короткопериодическая комета.

1808, 20 июня Земли через хвост  
кометы.

1808 основания Королевского  
астрономического общества.

1808 да района обсерватория.

1808, 10 ноября *Astronomische*  
*Nachrichten* утверждает.

1808, 24 мая считали возвращение  
кометы Энке.

1808, 25 апреля,

Бесселя вносит исправления  
замечаний для личного уравнения.

1808 Бунгофера изучает спектры звезд.

1808 расстояние от солнца, заключенный  
Энке быть 95-1/4 миллионов  
километров.

1808 публикации Лорман по лунному  
графику.

1808 Дерптский рефрактор, установленный

equatoreally.

1826 о Швабе наблюдений

солнечных пятен.

1826, февраль. 27 меты.

1827 ты двойной звезды

рассчитывается путем Савари.

1829 ршения Королевская

обсерватория на мысе Доброй

Надежды.

1829 нигсберге heliometer установлен.

1830 икации Бесселевых *Tabulæ*

*Regiomontanæ*.

1830 ытие Брюстер из "атмосферные

линии" в солнечном спектре.

1833 итной обсерватории, созданной в

Геттингене.

1833 дя ноября. видна в Северной

Америке.

1833 ршения сэр Дж. Гершелем

исследованием северных небес.

1834 Дж. Гершель посадки на мысе

Канаверал.

1835 ушентий бранчен астрономом-

Королевский подряд в пруд.

1835 елюнораме бы Галлея.

1837 нной движения определяется

Argelander.

1837 еля по применению heliometer

для измерения звездных

параллаксов.

1837 икации пива и Mädler в *дер*

*Монде*.

1837 е декабря 16 наблюдаются сэр

Дж. Гершель.

1837 овой энергии солнца измеряется

Гершель и Pouillet.

1838 аллакс 61 Лебеда определяется

Бесселя.

1838 аллакс  $\alpha$  Центавра, объявленный

Хендерсоном.

1839 авершения строительства

Пулковской обсерватории.

1839 учение Хопкинса о твердости

Земли.

0840 12 марта.

1840 первая попытка Дж. У. Дрейпера сфотографировать Луну.

1842 Денер провозглашает принцип изменения цвета при движении.

1842 разрешение экспериментов Бейли по взвешиванию Земли.

1842, 26 июля солнечное затмение. Корону и протуберанцы наблюдали Эйри, Бейли, Араго и Струве.

1843, 27 февраля рождение большой кометы.

1845 февраль строительства рефлектора в Парсонстауне.

0845 апрель с помощью спиральных туманностей.

1845 апрель столбца, сделанный Фуко и Физо.

1845, 21 октября указанное Адамсом.

0845 6 декабря Хенке.

1845, 20 декабря кометы Биля, наблюдаемое в Йельском колледже.

0846 обнаружение Меллони эффекта нагрева от лунного света.

0846 17 февраля.

0846 18 ноября 23 Галле.

0846 10 сентября, открытый Ласселлом.

1846 публикация Дж. Гершелем результатов наблюдений на мысе Доброй Надежды.

1847 предложенная им циклоническая теория солнечных пятен.

1848 теоретическая гипотеза Дж. Р. Майера о сохранении солнечной активности.

1848 явление - смещения линий Фраунгофера, на которые ссылается Физо.

1848, 27 января 3-е явление, наблюдаемая Hind.

0848 20 сентября открытие Гипериона Бондом и Ласселлом.

1848 первое экспериментальное определение скорости Физо.

1848, 23 апреля. Созвездия Змееносца, наблюдаемая Hind.

0348, 10 сентября. Открытие Гипериона Бондом и Ласселлом.

1849. Первого экспериментального определения скорости света (Физо).

0350, 17 июля. Веги в Гарвардском колледже.

0350, 15 ноября. Темного кольца Сатурна.

0351. Первые измерения Струве кольцевой системы Сатурна

1851, 28 июля. Солнечное затмение, наблюдавшееся в Швеции.

0351, 24 октября. Паскалем двух внутренних спутников Урана.

0351. Открытие Швабе периодичности солнечных пятен, опубликованное Гумбольдтом.

0352, 10 июля. Периодов магнитных и солнечных пятен, объявленное Сабиной.

1852, 14 ноября. Пятнистость в Тельце, обнаруженная Хиндом.

1852. Темная туманность Ласселла в Тельце. ножной рефлектор, перевезенный на Мальту.

1853. Мидис показывает, что объяснение Лапласом ускорения Луны является неполным.

1854. Хаген выводит из лунной теории уменьшенное значение расстояния до Солнца.

1854. Теория тяготения" солнечной энергии Гельмгольца.

1855. Наблюдения Пиацци Смита на вершине Тенерифа.

1857. Кольца Сатурна, на которые клерк Максвелл показал метеорное образование.

0357, 22 апреля. Новой звезды начато в Гарвардском колледже.

0358. Графирование Солнца началось в Кью.

Первое изображение Солнца Донати.  
1859 Из спектра, основанный  
Кирхгофом и Бунзенем.  
1859 Открытие Кэррингтоном сложной  
природы вращения Солнца.  
1859 Явления на Солнце и  
магнитная буря.  
1859, 19 октября Открыта  
Темпелем.  
1859, 15 декабря Явления на Солнце,  
описанный Кирхгофом.  
1860, 27 февраля "двойной кометы".  
1860, 23 января Звезда в созвездии Скорпиона,  
обнаруженная Оверсом.  
1860, 8 октября Солнечное затмение,  
наблюдаемое в Испании.  
Протуберанцы, показанные на  
фотографии как придатки Солнца.  
1861, 30 июня  
Карты бесконечного спектра Кирхгофа.  
1862 Ощущение солнечного водорода,  
признанное Ангстромом.  
1862, 31 января Открыт Г. Кларком  
спутника Сириуса.  
1862 Определяет расстояние до  
солнца по скорости света.  
1862 Невостояние Марса. Определение  
солнечного параллакса.  
1862 Окончание работы Боннера  
Дурхмастерунга.  
1863 Классификация звездных спектров  
Секки.  
1863 Основание Немецкого  
астрономического общества.  
1864, 15 марта Вращение Марса,  
определенный Кайзером.  
1864 Первые результаты Хаггинса по  
анализу звездного спектра.  
1864, 25 октября Исследование  
кометы Темпеля, проведенное  
Донати, показывает, что она состоит  
из светящегося газа.  
1864, 11 мая Открыт Хаггинсом газовых  
туманностей.

1864 Расстояние до Солнца принято значение 91 000 000 миль.

1864 Описание Кроллом ледниковых эпох.

1864 Март, 23 ноября

1865 Транзитное наблюдение Хаггинсом затенения  $\epsilon$  Рыбы.

1865 11 февраля Солнца Фэя.

1865 Опубликованы результаты Kew.

1865 Жер доказывает высокую температуру на крупных планетах.

1866 Истинность орбит августовских метеоров и кометы 1862 iii.

продемонстрировано Скиапарелли.

1866 Делоне объясняет ускорение Луны удлинением дня за счет приливного трения.

1866 1 января химическое исследование поверхности Солнца Локьером.

Барбиен-Геларба обнаружил новую звезду в Северной короне.

1866 10 октября объявляет об исчезновении лунного кратера Линне.

1866 13 ноября Метеорный поток, видимый в Европе.

Период Метеориты ноября, определенные Адамсом.

1867 август 29 затмение. Тип короны с минимальным солнечным пятном, наблюдаемый Грошем в Сантьяго.

1867 Открытие газообразных звезд в созвездии Лебедя Вольфом и Райе.

1868 февраль спектроскопической видимости протуберанцев при дневном свете, основанный Хаггинсом.

1868 август 18 затмение. Спектр наблюдаемых протуберанцев.

1868 19 августа Анссена на протуберанец при дневном свете.

1868 26 октября независимо объявляют о своем открытии спектроскопического метода.

1868 Принцип Доплера, примененный

Хаггинсом для измерения  
радиальных движений звезд.

1868 Публикация карты нормального  
солнечного спектра Ангстрема.

1868 Спектр кометы Виннеке,  
обнаруженный Хаггинсом, совпадает  
со спектром олефиантового газа.

1868 Режефескел хромо-  
сферных газов,  
выведенная Локьером и  
Франклендом.

1869 13 февраля протуберанец с  
"открытая щель".

1869 13 августа затмение.  
Обнаружение ярких линий  
коронального спектра.

1870 10 мая 25-дюймового  
ахроматического аппарата Ньюолла в  
Гейтсхеде.

1870 Автор указывает на преобладание  
дрейфующих движений среди звезд.

1870 Солнечный протуберанец,  
сфотографированный Янгом.

1870 21 декабря затмение. Янг  
обнаруживает обратный слой.

1870 1 января Дж. Гершеля.

1870 10 января линии из-за вращения  
Солнца, обнаруженные Фогелем.

1870 12 декабря, видимое в Индии.  
Янссен наблюдает отраженные линии  
Фраунгофера в спектре короны.

1872 22 января трихлетней серии  
наблюдений за лунным теплом,  
проведенных Лордом Россом.

1872 Спектр Веги, сфотографированный Х.  
Дрейпером.

1872 Гипотеза Фэя о циклонических пятнах  
на солнце.

1872 Наблюдения Юнга с солнечной  
спектроскопией на горе Шерман.

1872 Эксперименты Корну по скорости  
света.

1872 27 ноября проток, связанный с  
кометой Биэлы.

1872 Определение средней плотности



солнечного излучения. Janssen наблюдает отраженные линии Фраунгофера в спектре короны. земля Корню и Байля.

~~Работа~~ по фотографированию Солнца, начатая в Гринвиче.

~~Установка~~ 26-дюймового вашингтонского рефрактора.

~~Улучшение~~ освещенности, переопределенное Глазенаппом.

~~Классификация~~ звездных спектров Фогеля.

~~Получение~~ изображения Венеры.

~~Публикация~~ книги Нейсона "Луна".

~~Новая звезда~~ в созвездии Лебедя, открытая Шмидтом.

~~Снимок~~ Веги, сфотографированный Хаггинсом. Первое использование сухих желатиновых пластинок в астрономической фотографии.

~~Кейн~~ наблюдает предполагаемый новый лунный кратер (Huginus N.).

~~Измерение~~ Фогелем селективного поглощения в атмосфере Солнца.

~~Открытие~~ Хавлук двух спутников Марса в Вашингтоне.

~~Открытие~~ Персея 23

~~Карты~~ Марса, открытые Скиапарелли.

~~Полное~~ стояние Марса, наблюдаемое Джиллом при Вознесении. Выведенный солнечный параллакс =  $8.78'$ .

~~Создание~~ новых метеорных источников, описанные Деннингом.

~~Публикация~~ *Карты мира Шмидта*.

~~Первые~~ наблюдения Большого красного пятна на Юпитере.

~~Завершение~~ исследований Ньюкомба по лунной теории.

~~Получение~~ изображения Меркурия.

~~Создание~~ Селенографического общества.

~~Получение~~ изображения, видимое в

Америке. Обширное экваториальное расширение короны.

1878, 20 ноября. Строительство

Потсдамской астрофизической обсерватории.

1878, 25 декабря. Обществу была передана теория небесной диссоциации Локьера.

1878, 27 декабря. Эксперименты Майкельсона по скорости света.

1879, 19 января. Публикация книги Гулда

"Уранометрия Аргентины".

1879, 19 декабря. Наблюдения спектров солнечных пятен начались в Южном Кенсингтоне.

1879, 31 декабря. Картина инфракрасного солнечного спектра Эбни, представленная Королевскому обществу. Общество.

1879, 18 декабря. Новые спектры белых звезд, описанные Хаггинсом.

1880, 12 декабря. Исследования Г. Х. Дарвина в ранней истории Луны.

1880, 31 января. Всплески в ядрах большой южной кометы.

1880, 10 мая. Затмения Алгола, определенные Пикерингом.

1880, 10 мая. Пикеринг вычисляет соотношение массы и яркости двойных звезд.

1880, 19 ноября. Картина яркости Ориона Дрейпером.

1880, 10 мая. Метр, изобретенный Лэнгли.

1880, 12 января. Дарвина об исследованиях влияния приливного трения на эволюцию солнечной системы.

1880, 10 мая. Наблюдения Лэнгли за атмосферным поглощением на горе Уитни.

1880, 10 мая. Комета Теббатта.

1880, 24 января. Фотографированный Хаггинсом.

1880, 10 мая. Картина кометы Теббатта Janssen и Дрейпер.

1880, 15 августа. Джорджа Эйри.

Полученник Кристи.

1881 Публикации каталога мыса Стоуна за 1880 год.  
 1881 Вторых измерений системы колец Сатурна Струве.  
 1882 Определения Ньюкомбом скорости света. Результирующий солнечный параллакс =  $8.79'$ .  
 1883 Плавка Нирена к постоянной аберрации Струве.  
 1883 7 марта Обнаружение мадагиаскарской кометы Ориона, сфотографированный Хаггинсом.  
 1882 17 мая Солнечное затмение, наблюдаемое в Сохаге в Египте.  
 1882 25 мая Норманский спектральный анализ, наблюдаемые в Дюнхте в спектре кометных колодцев.  
 1882 11 июля Обнаружение кометных колодцев.  
 1882 17 июля Обнаружение Брови 17-й кометы.  
 Обнаружение дневного света с помощью Common. Прохождение наблюдалось на мысе.  
 1882 25 сентября 18 кометных колодцев, идентифицированные в спектре Коуплендом и Дж. Дж. Лозе.  
 1882 25 сентября Обнаружение кометы, сделанные в обсерватории Кейптауна, на фоне которых видны звезды.  
 1882 8 декабря Обнаружение Венеры.  
 1882 Обнаружение марсианских каналов, наблюдаемое Скиапарелли.  
 1882 Обнаружение Леви в Париже первого экваториального Куде.  
 1882 Обнаружение земли, сделанная на основе наблюдений за приливами Г. Х. Дарвином.  
 1882 Эксперименты Хаггинса по фотографированию короны без затмение.  
 1882 Публикация монографии Холдена о туманности Ориона.  
 1882 30 сентября Обнаружение кометы Ориона, сфотографирована Коммоном.  
 1882 31 мая Обнаружение кометы Каролинского острова.

1880, 11 июля. Комета 1882 года  
наблюдалась из Кордовы на  
расстоянии 470 миллионов миль от  
земли.

1880, 11 июля. Параллаксы девяти южных звезд  
измерены Джиллом и Элкином.

1880, 11 июля. Каталог спектров 4051 звезды  
Фогеля.

1880, 25 января. Перигелий кометы  
Понса.

1880, 14 февраля. Метрический каталог Пикеринга  
из 4260 звезд.

1880, 14 февраля. Публикация Каталога переменных  
звезд Гора.

1880, 14 февраля. Публикация книги Фэя  
"Происхождение мира".

1880, 14 октября. Измерение. Фазы нагрева,  
измеренные Беддикером в  
Парсонстауне.

1880, 14 октября. Каталог звезд с полосчатыми  
спектрами Дюнера.

1880, 14 октября. Исследования Баклунда по движению  
кометы Энке.

1880, 14 февраля. Цвет спектра тепла Луны.

1880, 14 февраля. Публикация *Uranometria Nova*  
*Oxoniensis*.

1880, 14 февраля. Обнаружил новую звезду в  
туманности Андромеды.

1880, 14 октября. Фото спектра Толлона,  
представленный Парижской  
академии.

1880, 14 октября. Землетрясение, видимое в  
Новой Зеландии.

1880, 14 февраля. Новое открытие Полом и  
Проспером Генри туманности в  
Плеядах.

1880, 27 ноября. Фото Биела.

1880, 14 февраля. Тридцатидюймовый ахроматический  
аппарат, установленный в Пулкове.

1880, 14 февраля. Публикация фотографической карты  
нормального солнечного спектра  
Роуланда.

1880, 14 февраля. Определение Бахуйзенем периода  
вращения Марса.

1885 Новые фотографии Пола и  
Проспера Генри.

1886, 26 января Плеяды  
одновременно сфотографированы в  
Гарвардском колледже.

1886, 6 февраля первое наблюдение  
туманности Майя с помощью 30-  
дюймового рефрактора Пулковской.

1886, 19 марта Генри Плеяд,  
показывающие 2326 звезд со  
смешанными туманностями.

1886, 19 мая астрономические исследования  
звездного параллакса, проведенные  
Притчардом.

1886, 1 октября астрономические изменения в спектрах  
солнечных пятен, объявленные  
Притчардом.

1886, 4 апреля астрономический  
конгресс, предложенный Джиллом.

1886, 10 августа солнечное затмение,  
наблюдаемое на Гренаде.

1886, 19 ноября фотографии Роберта,  
показывающая кольцевую структуру  
туманности Андромеды.

1886, 19 ноября фотографии Роберта туманностей  
Плеяды.

1886, 20 ноября спектр солнечного тепла,  
расширенный Лэнгли до менее чем  
пяти микрон.

1886, 20 декабря астрономическим  
излучением в спектре туманности  
Ориона.

1886, 21 декабря тридцатидюймовый рефрактор,  
установленный в Ницце.

1886, 22 декабря публикация Общего каталога  
Аргентины.

1886, 23 декабря решение сокращения наблюдений  
Брэдли Оуэрсом.

1886, 24 декабря астрономическая работа Памяти  
Дрейпера, начатая в Гарвардском  
колледже.

1886, 25 декабря астрономическое обнаружение в  
Гарвардском колледже ярких линий  
водорода в спектрах переменных

(Mira Ceti и U Orionis).

1887, 19 апреля. Тидд в Кордове большой кометы, принадлежащей к той же группе, что и комета 1882 года.

1887 Публикация книги Локьера "Химия Солнца".

1887, 16 апреля. Открытие Международного астрофотографического конгресса.

1887 Тригонометрическая триангуляция Плеяд Элькина.

1887 Исследование Струве движения Солнца и переопределение постоянной прецессии.

1887 Ширение спектроскопического каталога Фогеля Фон Конколи до 15 ° южной широты в декабре.

1887 Исследование диаметра Солнца Оверсом.

1887 Публикация "Измерений двойных звезд" Скиапарелли (1875-85).

1887, 18 апреля. Затмение в Ницце.

1887, 19 августа. Солнечное затмение. Теневой путь пересекал Россию. Наблюдения, омраченные плохой погодой.

1887 Исследования Лэнгли о температуре Луны.

1887, 10 ноября. Работы Локьера о метеоидных теориях переданы Королевскому обществу.

1887 Завершение работы над 36-дюймовым рефрактором Lick.

1888 Обнаружение Кюстнером изменений широты Берлина представлено Международной геодезической ассоциации.

1888 Новый каталог переменных звезд Чандлера.

1888 Средний параллакс северных звезд первой величины, определенный Элкином.

1888 Публикация *Нового общего каталога Дрейера*. Каталог 7 844 туманностей.

1888 Первые спектрографические

определения Фогелем радиального движения звезд.

~~1888~~ 1888 Обнаружение углерода, обнаруженное в солнечном спектре Трубриджем и Хатчинсом.

~~1888~~ 1888 Облучение затмение. Тепловые фазы, измеренные в Парсонстауне.

~~1888~~ 1888 5 февраля фотография спектра туманности Ориона, сделанная в Талс-Хилл.

~~1888~~ 1888 Пасхальная деятельность обсерватории Лик.

~~1888~~ 1888 Окончание работы над 5-футовым рефлектором доктора Коммона.

~~1888~~ 1888 Тригонометрические измерения радужки для определения солнечного параллакса на мысе Кейп, в Ньюхейвене (США) и Лейпциге.

~~1888~~ 1888 описывает сравнительный метод определения постоянной аберрации.

~~1888~~ 1888 Презентация стране инструментального оборудования Dunecht от Лорд Кроуфорд. Коупленд сменил Пиацци Смита на посту королевского астронома Шотландии.

~~1888~~ 1888 Март-Ртуть-Прогнотика.

~~1888~~ 1888 Фотография туманности Ориона, сделанная У. Х. Пикерингом, на которой показано, что она является ядром огромной спирали.

~~1888~~ 1888 Открытие в Гарвардском колледже первых известных спектроскопических двойников, Большой Медведицы и  $\beta$  Золотой Звезды.

~~1888~~ 1888 Изменения Алгола, продемонстрированные спектрографически автор: Фогель.

~~1888~~ 1888 Окончание фотографической работы для Южного музея.

~~1888~~ 1888 Юнока Млечного Пути Беддикера.

~~1888~~ 1888 Журнальные фотографии Дрейпера со спектрами южных звезд,

сделанные в Перу.

~~1888~~ Эксперименты Пернтера по  
сцинтилляции с Зоннблика.

~~1888~~ Исследования Струве о спутниках  
Сатурна.

~~1889~~ Исследование Харкнессом масс  
Меркурия, Венеры и Земли.

~~1889~~ Тригонометрические измерения  
Виктории и Сафо на мысе.

~~1889~~ 10 января - солнечное затмение, видимое  
в Калифорнии.

~~1889~~ 27 февраля - Тихоокеанского  
астрономического общества.

~~1889~~ Исследование сэром Уильямом и  
леди Хаггинс спектра туманности  
Ориона.

~~1889~~ Фотографии Млечного Пути,  
сделанные Барнардом.

~~1889~~ 12 августа - Барнардом четырех  
спутников кометы Брукса.

~~1889~~ 10 декабря - Япета за темным  
кольцом Сатурна, наблюдаемое  
Барнардом.

~~1889~~ 14 декабря - объявляет синхронное  
вращение Меркурия.

~~1889~~ 22 декабря - солнечное затмение, видимое  
в Гвиане. Смерть отца Перри, 27  
декабря.

~~1889~~ Спутр Урана, визуально  
исследованный Килером,  
фотографически - Хаггинсом.

~~1890~~ Фотографии кольцевой туманности в  
Лире с длительной экспозицией.

~~1890~~ Определение солнечной системы Л.  
Боссом и О. Стампе.

~~1890~~ Парелли находит для Венеры  
идентичный период вращения.

~~1890~~ Публикации Толлон по карте  
солнечного спектра.

~~1890~~ Лоу математическая теория  
корональных структур.

~~1890~~ Основание британской  
астрономической Ассоциации.

~~1890~~ Наблюдений Килер на облизывание



туманностей радиальных движений.  
1890 о восхождении на Монблан, в  
которой он установил чисто земное  
происхождение кислорода  
поглощения в солнечном спектре.

1890 комба обсуждение прохождений  
Венеры 1761 и 1769.

1890 альную структуру из  
Магеллановых Облаков,  
отображаемые на снимках,  
сделанных н. К. Рассела Сиднея.

1890 икации Дрейпер каталог  
Звездных спектров.

1890 аатопици Фогель быть  
спектроскопических бинарных.

1890 аатопи компьютерная двоичные  
файлы.

1890 едовари сэра Уильяма и Леди  
Хаггинсом спектров Волк и Райе  
звезды в созвездии Лебеда.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 аата-теория комет, разработанная  
Callandreau, Tisserand, и Ньютон.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1890 ь, поим барнард близкого туманной  
компаньон Мeroпа в Плеядах.

1889 декабрь Париж Постоянного  
Комитета по фотографическое  
отображение небеса.

1891 10 мая Меркурия.

1891 19 июля выступление Хаггинса  
на собрании Британской ассоциации  
в Кардиффе.

1891 13 декабря сфотографированная в  
Гарвардском колледже.

1891 28 декабря максимум Новой  
звезды.

1891 30 декабря фотографическое открытие  
малой планеты Максом Вольфом в  
Гейдельберге.

1892 начало международной работы по  
составлению фотографических карт.

1892 фотографическое определение  
Шайнером 833 звезд в скоплении  
Геркулес (M 13).

1892 публикация о спектрографических  
определениях Фогеля для пятидесяти  
одной звезды.

1892 публикация фотографических  
параллаксов Притчарда.

1892 1 января Джорджа Эйри.

1892 12 января профессора Адамса.

1892 11 февраля Андерсоном о вспышке  
новой звезды в Ауриге.

1892 5 февраля большого  
солнечного пятна, когда-либо  
сфотографированного в Гринвиче.

1892 2 марта туманности Арго,  
сделанная Джиллом за двенадцать  
часов.

1892 6 апреля кометы Свифтом.

1892 12 апреля Эдмунда Свифта. Мушез.  
Сменил Тиссерана на посту  
директора Национальной  
обсерватории в Париже.

1892 20 августа противостояние  
Марса.

1892 21 августа открытие в районе Новой  
Ауриги.

1892 21 сентября Барнабом внутреннего

спутника Юпитера.  
1892, 12 февраля астрономическое открытие кометы Барнардом.  
1892, 6 июня комета Холмса.  
1892, 20 ноября дождь Андромеды, видимый в Америке.  
1892 определение Пойнтингом средней плотности Земли.  
1892 исследование Дюнером системы  
1892 фотографическое исследование Деландром системы спектры протуберанцев.  
1892 фотографии Солнца с фасулами и хромосферным окружением, сделанные Хейлом за одну экспозицию.  
1892 исследование Т. Дж. Дж. Си древнего цвета Сириуса.  
1892 публикации Т. Я. см. тезис об эволюции двойных систем.  
1892 теория Алгол неравенства.  
1892 яркость в созвездии Лебедя фотографически обнаружен Макс Вольф.  
1892, 1 января исследование структуры Вселенной.  
1892, 16 января его результаты от оппозиции Виктории, среди них солнечного параллакса =  $8.809''$ .  
1892, 16 апреля затмение наблюдается в Южной Америке и Западной Африке.  
1892 публикации Крюгера *каталог Farbigen der Stern*.  
1892 под мальчиков серии экспериментов по плотности Земли.  
1892 публикации Кордоба *Durchmusterung*, объем. я.  
1892 фото показывает комет находящимися на иждивении Солнечной системы.  
1892 публикации Истона *вуа Лак те*.  
1892 Хаббл обнаруживает яркие га в у Argûs и Альциона.

1882 Нормæ фотографировал 10 июля; обнаружен на тарелки, 26 октября.

1883, май 26 профессора Причарда.

1888, 25 июля 28-дюймовый рефрактор в Королевской обсерватории, Гринвич.

1893, декабрь *irregularities* из плеяды сфотографировали Барнард.

1893, июль Вулфа.

1894, январь максимум.

1894, публикация Потсдам

*фотометрических Durchmusterung*, Часть I.

1894, публикация Робертс *небесных фотографий*, том. я.

1894, Джон Грей определение температуры Солнца.

Барнарда микрометрический меры астероидов.

Маклин, - дар астрофизической наряд с накидкой обсерватории.

1894, здание обсерватории Лоуэлла во Флагстаффе, Аризона.

Тейлор тройной ахроматическая описано.

1894, 31 января кометы.

1894, Томпсон следствия солнечного вращения.

1894, 10-го противостояния Марса.

1894, 13-го Меркурия.

Хьюз и де Вильсон ставит под сомнение теорию о солнечных пятнах.

1894, декабрь Ranyard.

1895, публикация

Ньюкомба *астрономических констант*.

1895, Бейли фотометрический каталог 7,922 южных звезд.

1895, фотографическое открытие переменной звезды скопления.

1895, публикация Э. У. Брауна *лунной теории*.

1895, Grand теории неравенств Алгол.

1895. Попова решимость солнечного вращения от фотографии faculæ.

1895. Арных характер  $\eta$  Aquilæ спектроскопически признана B  lopolsky.

1895. Реентация Кроссли отражатель лизать обсерватории.

1895. 22 января. Ярность в Змееносца обнаружен фотографически Барнард.

1895. 14 марта. 25 гелия.

1895. 14 апреля. Кольцо Сатурна spectrographically свидетельствует Килер.

1895. Арных характер  $\delta$  Цефея спектроскопически обнаружены B  lopolsky.

1895. 16 Дюклет-Кирквуд.

1895. 17 Ф. В. Г. Sp  rer.

1895. 18 октября. spectrographically обнаружил миссис Флеминг.

1895. 14 декабря. 12 spectrographically обнаружил миссис Флеминг.

1895. 14 декабря. 28 Рассела задние.

1895. 16 отчет о геодезических изысканий Южной Африки.

1895. 16 Луи фотографический Атлас Луны, Часть I.

1895. 16 января. электростатической теории комет.

1895. 16 третий каталога переменных звезд.

1895. 16 лизать обсерватории фотографический Атлас Луны, Часть I.

1895. 16 на длине волны описывается Хамфрис и Молер.

1895. 16 апреля. 5 шотландской Королевской обсерватории на Блэкфорд-Хилл, в Эдинбурге.

1895. 16 апреля. фотометрического определения кривых блеска переменных звезд.

1895. 16 из звезд Кастора спектроскопически разложить на две

по Bѐlopolsky.

1896, май Astrographic график-конференции в Париже.

1896, август. Численное затмение, видимое на Новой Земле. Обратный слой, сфотографированный Шеклтоном.

1897, 30 января А. Ньютона.

1897, 18 октября Физо.

1897, 20 октября. Приемник Мориса Леви.

1897, 4 января. Неберле пропавшего спутника Проциона.

1897, 26 февраля Эпторпа Гулда.

1898, январь. Водородных линий, обнаруженных Пикерингом в спектрах звезд.

1896, декабрь. Временом спектральных модификаций под магнитным воздействием.

1896, декабрь. Окислорода, выявленное на солнце Рунге и Пашеном.

1896, июль. Лунные образования Лоуи и Пюизе.

1896, июль. Установка спектрографа Миллса в обсерватории Лик.

1897, июль. Установка в Гринвиче 26-дюймового фотографического рефрактора Thompson.

1897, июль. Публикация обсуждения мисс Мори сфотографированных спектров 681 Звезды.

1897, июль. Исследования Калландро по дезагрегации комет.

1897, июль. Определение Брауном средней плотности Земли.

1897, июль. Реженность паров кальция в хромосфере, продемонстрированная спектроскопически с помощью Сэр Уильям и леди Хаггинс.

1897, июль. Зерошение в Кейптаунской обсерватории спектрографического исследования небес Макклином.

1897, июль. Двадцать одна звезда Вольфа-Райе, обнаруженная миссис Флеминг в

Магеллановом облаке.

1887. Наблюдения *Персиваля Лоуэлла* за планетой *Меркурий* представлен американской киноакадемией.

1897. *Ланглет* — 6 ст кислорода поглощения гелия в звездах.

1897. *П. А. Е.*, камень, *Рэдклифф* наблюдателя.

1897. *Альван Кларк*.

1897. *Р. М. М.* сфотографировали в *Арекипе*.

1897. *Стефан* — 21 открытие обсерватории *Йеркса*.

1897. *Р. Bourdin* фотографий *nebulæ* с *Медоне* отражатель.

1897. находки из южных двойных звезд с *Лоуэлла* 24-дюймовый рефрактор.

1898. *Варне* — 22 Солнца, видимое в *Индии*.

1898. *Феврар* — характер  $\zeta$  Geminorum установлено спектроскопически по *Bélopolsky*.

1898. с собственного движения почти 9' обнаружен *Иннес* и *Каптейна* от мыса *Durchmusterung* плиты.

1898. *Оскар* — 3 фотографии на *Дрейпер* мемориальные плиты.

1898. *20* — великокняжеского обсерватории на королевский трон, *Гейдельберг*.

1898. *Р* успешно *Холдена* в роли директора лизать обсерватории.

1898. *Петра* результаты в звездный параллакс.

1898. *Свифт* открытий *nebulæ* на *Эхо* *Калифорнии*.

1898. *Хейла* фотографического исследования углеродных звезд.

1898. *Оскар* — 10 *Спринг* *Витт*.

1898. *Ганта* исследования звездного параллакса на меридиан различия.

1898. теория спирали *Млечного*

Пути.

~~1899~~ Гер исследования на  
распределение звезды.

~~1898~~ Олливье  
наблюдаются Кэмпбелл в Миры Кита.

~~1898~~ 10 ноября Метеор  
фотографически определяется  
Элькин.

~~1899~~ Публикации Потсдам  
*фотометрических Durchmusterung*,  
Часть II.

~~1899~~ *Справочный каталог южных  
двойных звезд.*

~~1898~~ Ра фотографии nebulae с Кроссли  
отражатель и обобщения их по  
спирали характер.

~~1899~~ Ренулли  
сфотографированы Шайнер.

~~1899~~ Графическое открытие новой  
Aquilae миссис Флеминг.

~~1899~~ 21-26  
фотографический рефрактор в  
Потсдаме.

~~1899~~ Обнаружения Поларис как  
спектроскопически тройные.

~~1899~~ 11 ноября Кэмпбелл и  
Ньюолл капеллы в  
спектроскопических бинарных.

~~1899~~ 15 января Лорд. Отклонение  
потока, предсказанное Джонстоном  
Стоуни и Даунингом.

~~1899~~ 1 декабря Атласа  
*репрезентативных звездных  
спектров сэра Уильяма и леди  
Хаггинс* 1899

~~1899~~ 21-26  
фотографического рефрактора,  
установленного в Медоне.

~~1900~~ 27 января тома международных  
каталожных табличек "Потсдамские  
меры".

Определение Каптейном вершины  
движения Солнца.

~~1900~~ Мерения Чейза для определения



параллаксы быстро движущихся звезд.

1900 Публикация исследований Джилла по звездному параллаксу.

1899 Кейн предлагает метод определения звездного параллакса и приводит примеры результатов для 248 звезд.

1899 Новый каталог Бернхэма, включающий 1290 двойных звезд.

1900 Публикация заключительного тома *Cape Photographic Durchmusterung*.

1900, 28 января Американское полное затмение солнца. вс.

1900 Ежегодная конференция в Париже. Организовано сотрудничество пятидесяти восьми обсерваторий в измерениях Эроса солнечного параллакса.

1900 Горизонтальный рефрактор с апертурой 50 дюймов, фокусом 197 футов, установлен на выставке в Париже.

1900 Смерть профессора Килера. Сменил Кэмпбелла на посту директора обсерватории Лик.

1900 Возобновление Эроса.

1900 Публикация небесных фотографий Робертса, том ii.

1900 Новая публикация исследований Лэнгли в области инфракрасного спектра.

1900 Новая печать парижского раздела Международного фотографического каталога.

1900, 21 февраля открытая Андерсоном.

1900, 11 февраля Эроса, объявленная Оппольцером.

1900, 26 апреля комета на мысе.

1900 Публикация фотометрического исследования Пикеринга.

1900 Обсуждение мисс Кэннон спектров 1122 южных звезд.

1901 Исследование Каптейном среднего

звездного параллакса.  
 1868 Определение Кэмпбеллом скорости Солнца.  
 1881 Исследование Портера движения солнца в пространстве.  
 1891 Питная теория солнечной короны Бигелоу.  
 1891 Теория Хасси о солнечной короне.  
 1892 измерения двойных звезд Пулковской.  
 1894 Новые скорости компонентов  $\delta$  Equulei, измеренные в Лике.  
 1895 Мартин Гангел А. Роуланда.  
 1895 Спектр туманности, полученный по Новой Персеи.  
 1901 1 августа 1891 Новой Персеи, сфотографированная Максом Вольфом.  
 1901 1 сентября 1901 спирали изображено на пластинке, сделанной Ричи в Йеркской обсерватории.  
 1901 1 января 1901. Сделанная Перрином с помощью рефлектора Кроссли, показывает туманность в процессе быстрого изменения.  
 1901 1 сентября 1901 "Виктория" Маклина в Королевской обсерватории на мысе Доброй Надежды.  
 1901 1 минимум солнечных пятен.

## ТАБЛИЦА II

### ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ НА СОЛНЦЕ (РОУЛЕНД, 1891).

Расположены в соответствии с количеством их репрезентативных Линий в Солнечном спектре.

Маклина (2000+).  
 Надежд.  
 Доброй.  
 Мирбайец.  
 Мели (2) ден.  
 Карвай (2).  
 Матери (2000+).

Вардидий (1).  
 Орезовий.  
 Оревиц (1).  
 Бариц (1) (75+).  
 Сладкий (4).

### ТАБЛИЦА III

ЭПОХИ МАКСИМУМА И МИНИМУМА СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН С  
 1610 По 1901 ГОД.

Maxima.

1610-0  
 1620-0  
 1630-0  
 1640-0  
 1650-0  
 1660-0  
 1670-0  
 1680-0  
 1690-0  
 1700-0

### ТАБЛИЦА IV.

ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА И ЗВЕЗД.

1. Перевод Солнечной системы.

Дардидий Движения.

Декабрь  
 1610-0  
 1620-0  
 1630-0  
 1640-0  
 1650-0  
 1660-0  
 1670-0  
 1680-0  
 1690-0  
 1700-0

Скорость = 12 · 4 миль в секунду (Кэмпбелл).

2. Звездные скорости.

Вардидий звезды.

Миль в секунду .  
 1610-0  
 1620-0  
 1630-0  
 1640-0  
 1650-0  
 1660-0  
 1670-0  
 1680-0  
 1690-0  
 1700-0

Базисная величина  $0.149'$  (жабры)

Рис. 1. Криволинейная эквивалентная оптическая система с фокусным расстоянием 38

В 1890 году Гарвардского колледжа  
В 1895 году в качестве главным рефрактоном.

В 1909 году в парижской обсерватории в соединении с плоским зеркалом диаметром 79 дюймов.

Дополнительно к 1888-м доступен корректирующий  
объектив с диафрагмой 33 дюйма и фокусным расстоянием 47-  
8 футов.

УВ-Данов Банабс, #1981 оптический рефрактор с апертурой 24.4 дюйма.

Объектив из Магноруда 1891 года, рефрактором с апертурой 20 дюймов.

Второй фактор Мон-Гиро, на высоте 1100 футов над уровнем моря.

Всё это можно увидеть в Репозитории.

Мадридская обсерватория, Париж.

Вспомогательный графический опыт. Смонтировано Рэнсомом и Симмсом.

Борисовская 861 обсерватория, Вена.

Дороховець, Ю. 2007. Жвава аґрыя аґрыона.

Векларнморнавебсебзатория, Вашингтон,

Обсерватория Палмер, Маккормика, Вирджиния,

И. Федорович Невфидасов, 1889 г. рождения, Р. С. Ньюолдом.

Видоизмененный бензоблок с фактор размером 32,5 дюймов.

05 сентября 1896 года в Лима, Перу. Перенесен в 1896 году в Арекипу, Перу.

Модель выполнена из материала М66, толщиной 18 мм, изготовлена из оптического рефрактора.

Объект: **Копия Флагстаффе**, установлен в Флагстаффе, Ардзона, от города Мехико. Установлен во Флагстаффе, 1897.

Водуль Бонієв, 1990, описав різкий Північний екваторіальний Куде.

Обсерватория Хейлска, Принстон, Нью-Джерси,

Парадное изображение в Сиднейском экватора на Калтон-Хилл, 1898.

Декабрь 1897 года Этно.

Обервальтерсбург, Баден-Вюртемберг

Дубовая

**Зенитар Блюмакки Брадсверерв** 1894. Корончатым объективом для фотосъемки.

Методы генерации изображений с помощью дифференциальной геометрии

объективом.

Обсерватория Буффало, Буффало

Обсерватория Бера, Милан

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Буффало, Буффало

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве противовеса.

Обсерватория Ван дер Зи, Буффало, Нью - Йорк,

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Буффало, Буффало

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с равной апертурой.

Обсерватория Гудселла, Нортфилд, Миннесота,

Обсерватория Мервер, Манчестер, Нью - Йорк,

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с помощью визуального 10-дюймового рефрактора от Pauly.

Обсерватория Донская

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с равной апертурой.

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с равной апертурой.

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с помощью визуального 10-дюймового рефрактора от Pauly.

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с помощью визуального 10-дюймового рефрактора от Pauly.

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж. Обсерватория Аппо-Жарка в качестве рефрактора с помощью визуального 10-дюймового рефрактора от Pauly.

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

Обсерватория Бертони, Париж

## ТАБЛИЦА VI.

Список обсерваторий, использованных при составлении фотографической карты и каталога Небес.

Все они оснащены 13-дюймовыми фотографическими и 11-дюймовыми оптическими рефракторами:

Каземинг-обсерватория.

Механическая часть.

Паддок

Алжир

Bordeaux

Сан-фернандо (Испания)

Ватикан

Кордова

Монтевидео

Перт, Западная Австралия

Повсортфорд

St. John

Salt Lake City

Сэр-Хи Грабб

Оксфорд

Мыс

Мельбурн

Сидней

Такубайя (Мексика)

## СНОСКИ:

[1630] *Comptes Rendus*, т. xlv., стр. 339.

[1631] А. А. Коммон, *Мемуары R. Astr. Soc.*, том i, стр. 118.

[1632] Ньюкомб, *Поп. Астр.*, стр. 137.

[1633] *Месяц. Не.*, том ii, стр. 67.

[1634] Килер, *Опубл. Astr. Pac. Soc.*, том ii., стр. 160.

[1635] Х. Грабб, *пер. Roy. Dub. Соч.*, том i. (новая серия), стр. 2.

[1636], тем не менее, здоров (*Astroph. Jour.*, том v., стр. 128), считает, что рефракторы сохраняют свое превосходство в визуальном восприятии света по сравнению с ньютоновскими отражателями вплоть до апертуры  $52\frac{1}{2}$ , в то время как выравнивание фотографических лучей достигается при 34 дюймах.

[1637] *Астроф. Журнал.*, т. v., с. 130.

[1638] *Фил. Пер.*, том. cxlviii., стр. 465.

- [1639] *Оптика*, стр. 107 (2-е изд., 1719).
- [1640] *Обсерватория*, том. viii., с. 85.
- [1641] Холден о небесной фотографии, *Overland Monthly*, ноябрь 1886г.
- [1642] *Обсерватория*, том xv., стр. 283.
- [1643] Бейли, *Астроф. Jour.*, vol. x., p. 255.
- [1644] *Циркуляры Гарварда*, № 2, 18, 24, 33;
- [1645] Лоуи, *Булл. Astr.*, т. i., стр. 286; *Природа*, том xxix., стр. 36.
- [1646] *Природа*, том. xxiv., с. 389.
- [1647] *Там же.*, том xxix., стр. 470.
- [1648] *Пер. R. dublin Soc.*, том iii., стр. 61.
- [1649] *Обсерватория*, том vii., стр. 167.
- [1650] Лоуи, *Булл. Астр.*, т. i., стр. 265.
- [1651] *Фил. Пер.*, том. clxxi., стр. 653.
- [1652] Janssen, *L'Astronomie*, т. ii., стр. 121.
- [1653] Преподобный А. Л. Корти, *Астрофизика*, том xi., стр. 400.
- [1654] *Phil. Mag.*, vol. xiii., 1882, с. 469.
- [1655] *Бычий текст. Астр.*, т. iii., с. 331.

КОНЕЦ

BILLING And SONS, LTD., ТИПОГРАФИЯ, ГИЛФОРД



# ЗВЕЗДНАЯ СИСТЕМА

АВТОР : АГНЕС М. КЛЕРК

Достопочтенный. Член Королевского астрономического общества;  
автор книг "История астрономии девятнадцатого века" и  
"Проблемы астрофизики"

## ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ

*Деми 8во. Ткань. Со множеством иллюстраций. Цена 20с.  
нет то.*

(Бесплатно по почте, цена **20s. 5d.**)

## ИЗ ПРЕДИСЛОВИЯ

С момента первоначальной публикации настоящей работы прошло пятнадцать лет; а пятнадцать лет считаются большим промежутком времени, когда речь идет о звездных исследованиях. Соответственно, при подготовке Второго издания я внес значительные изменения. Значительные разделы книги были переработаны, и все они были тщательно переработаны. Были добавлены новые главы, старые по большей части были исключены. Короче говоря, были приняты решительные меры по реформированию, результаты которых, безусловно, свидетельствуют о прогрессе и (есть надежда) представляют собой улучшения. Большинство иллюстраций совершенно новые, и я в большом долгу перед сэром за использование ценных фотографий и рисунков, среди прочего. Дэвид Гилл, F.R.S., профессору Хейлу и издательству Чикагского университета, преподобному У. Сидгривзу, S.J., профессорам Э. К. Пикерингу, Кэмпбеллу, Барнарду и Фросту и доктору Макс Вольфу из Гейдельберга.

"Эта работа с самого начала вызывала восхищение, поскольку она передала лучшие знания полуторалетней давности; сейчас она сохраняет свое высокое качество, включив в себя новые знания".—*The Guardian*.

"У него есть замечательная особенность сочетать необычайное изобилие точной информации с элегантностью литературного

стиля, совершенно необычного для авторов научных работ". — Академия.

ОПУБЛИКОВАНО

АДАМ И Чарльз БЛЭК . ПЛОЩАДЬ СОХО . ЛОНДОН

ТОГО ЖЕ АВТОРА

## ПРОБЛЕМЫ АСТРОФИЗИКИ

Деми 8во. 560 страниц. Ткань.

Содержит 50 иллюстраций в тексте и 31 таблицку

Цена **20 долларов** нетто

(Бесплатно по почте, цена 20 6долларов.)

### ПРИМЕЧАНИЕ

"Это, безусловно, книга "нового века". Она направлена на стимулирование прогресса в направлениях, тщательно обозначенных как непосредственно осуществимые. "История астрономии" того же автора представляет собой обзор прошлого; "Проблемы астрофизики" обращены в будущее. То, что мы уже знаем, рассматривается в ней как средство для расширения знаний. Астрофизика - наука, все еще находящаяся в начале великолепного пути. На ее пути множество претендентов на ее внимание. Выбор между ними часто сопряжен с большими трудностями, однако быстрота прогресса зависит от осмотрительности в выборе. Соответственно, в настоящей работе предлагается множество советов для руководства к действию, которые, насколько это возможно, касаются вопросов, на которые можно дать ответы. Таким образом, она должна попасть в руки каждого астронома, который желает идти в ногу с течением мысли и получать информацию о перспективах работы и открытиях в различных областях исследований, связанных с физикой небесных тел".

### НЕКОТОРЫЕ МНЕНИЯ ПРЕССЫ

"Книга демонстрирует все признаки глубокого и тщательного изучения и чувства научного воображения, которое является

одним из величайших средств независимого открытия". — *Сент-Джеймсская газета*.

"Книга написана со всем очарованием, которое отличало предыдущие тома писательницы, и содержит огромное количество информации и предложений по предстоящей работе, которые понравятся всем, кто интересуется проблемами вселенной". — *Daily Telegraph*.

"Мы считаем, что мисс Клерк заслужила и, несомненно, получит восхищение и благодарность астрономов за это новое доказательство ее преданности их науке". — *The Times*.

## СОВРЕМЕННЫЕ КОСМОГОНИИ

Корона 8во. Завернутая в ткань.

Цена **3,6 доллара** нетто

(Бесплатно по почте, цена 3 шилл. 10долларов.)

### ПРИМЕЧАНИЕ

Этот том содержит серию кратких и интересных исследований, посвященных современным теориям, касающимся происхождения и истории видимой вселенной. В них указаны трудности, с которыми сталкиваются космические доктрины эволюции, и описаны способы, с помощью которых эти трудности были преодолены, хотя и не полностью. Расширенные возможности, связанные с новой наукой радиологией, объединение физических сил, которое может последовать за дальнейшими открытиями, касающимися действия электричества, функции в мире неосязаемого эфира, природы гравитации, в свою очередь обсуждаются или привлекаются; в то время как в последней главе рассматривается главная проблема жизни.

"Эти шестнадцать глав представляют собой краткие исследования современных теорий о происхождении и тайне Вселенной, сделанные астрономом, чьи труды во многом помогли этой науке и популяризировали ее". — *The Times*.

ОПУБЛИКОВАНО

ПРИМЕЧАНИЯ ПЕРЕПИСЧИКА:

Оригинал

~~Вторичный~~ текст оставлен как есть (так в оригинале)

~~Поиск~~ этого, по общему признанию, едва ли

~~Первое~~ описание - спокойные

Оригинал

~~Оригинальный~~ текст

~~Сам~~ оулками

~~Сам~~ центрация

~~Сам~~ влечет из

~~Сам~~ диметризм отдается им

~~Сам~~ ытый

~~Сам~~ ~~Сам~~ ~~Сам~~ ~~Сам~~ (подтверждается поиском указанной ссылки)

~~Сам~~ енома

~~Сам~~ едихин

~~Сам~~ ентификация

~~Сам~~ ной

~~Сам~~ влениид

~~Сам~~ веносный сосуд

~~Сам~~ ström

~~Сам~~ измененный

~~Сам~~ мпаон

~~Сам~~ акомый

~~Сам~~ тографический

~~Сам~~ атодажкоотоплу еготрууриду

~~Сам~~ едихин

~~Сам~~ а

~~Сам~~ еорбита 24 часа 53 секунды.

~~Сам~~ а в апертуру года

~~Сам~~ ерез

~~Сам~~ ератор

~~Сам~~ тро распознанный в

~~Сам~~ еменнмый

~~Сам~~ овые поля

~~Сам~~ ощения связи

~~Сам~~ ерца2

~~Сам~~ 6 возобновление через несколько лет

~~Сам~~ еделены две величины (дистрибуция в аналитическом)

использована дважды)

1502 г. Заключение

1504 электрографически

1504 электрографический

1504

1504 Р, солнечное пятно и магнитная периодичность, 128,

162, 162;